

**Die Ausschöpfung der Atemreserven
als Maßstab der
körperlichen Leistungsfähigkeit**

Manfred Gerstenberger

1976

Aus dem Institut für die Prophylaxe der Kreislaufkrankheiten
bei der Universität München

Direktor (Vorstand): Prof. Dr. G. Schimert

Die Ausschöpfung der Atemreserven
als Maßstab der körperlichen Lei-
stungsfähigkeit

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahn-
heilkunde an der Ludwig-Maximilians-
Universität zu München



vorgelegt

von

Manfred Gerstenberger

aus

Geisenhausen

Jahr

1976

Mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin
der Universität München

Berichterstatter:	Prof. Dr. H. Schwalb
Mitberichterstatter:	Prof. Dr. G. Schimert
Dekan:	Prof. Dr. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 9.11.1976



DISSERTATIONS- UND FOTODRUCK FRANK oHG
8 München 2, Gabelsbergerstraße 15, Tel. 2 8 0 9 0 9 0

Herrn Prof. Dr. H. S c h w a l b möchte ich an dieser Stelle herzlich danken für die Überlassung des Themas und für seine freundliche Beratung.

Herrn Prof. Dr. G. S c h i m e r t danke ich dafür, daß ich an seinem Institut die notwendigen Arbeiten durchführen konnte.

Mein weiterer Dank gilt besonders auch Frau Gisela M e i e r , die mich bei der Auswertung der Untersuchungsergebnisse und bei der Bewältigung der organisatorischen Probleme stets hilfreich unterstützte.

Table of Contents

1. Introduction	1
2. Theoretical Framework	2
3. Methodology	3
4. Results	4
5. Discussion	5
6. Conclusion	6
7. References	7
8. Appendix	8
9. Bibliography	9
10. Index	10
11. Glossary	11
12. Acknowledgements	12
13. About the Author	13
14. Contact Information	14
15. Disclaimer	15
16. Copyright	16
17. Privacy Policy	17
18. Terms of Service	18
19. Feedback	19
20. Updates	20
21. Support	21
22. FAQ	22
23. News	23
24. Events	24
25. Partners	25
26. Sponsors	26
27. Media	27
28. Press	28
29. Awards	29
30. Certifications	30
31. Licenses	31
32. Patents	32
33. Trademarks	33
34. Intellectual Property	34
35. Legal	35
36. Privacy	36
37. Security	37
38. Compliance	38
39. Ethics	39
40. Sustainability	40
41. Social Responsibility	41
42. Community	42
43. Culture	43
44. Values	44
45. Mission	45
46. Vision	46
47. Strategy	47
48. Goals	48
49. Objectives	49
50. Key Performance Indicators	50
51. Metrics	51
52. Data	52
53. Analytics	53
54. Reporting	54
55. Transparency	55
56. Accountability	56
57. Responsibility	57
58. Integrity	58
59. Honesty	59
60. Trust	60
61. Credibility	61
62. Reliability	62
63. Consistency	63
64. Accuracy	64
65. Precision	65
66. Detail	66
67. Thoroughness	67
68. Completeness	68
69. Inclusiveness	69
70. Representativeness	70
71. Diversity	71
72. Variety	72
73. Range	73
74. Scope	74
75. Breadth	75
76. Depth	76
77. Extent	77
78. Scale	78
79. Magnitude	79
80. Size	80
81. Volume	81
82. Quantity	82
83. Amount	83
84. Number	84
85. Count	85
86. Total	86
87. Sum	87
88. Totality	88
89. Wholeness	89
90. Unity	90
91. Oneness	91
92. Singleness	92
93. Simplicity	93
94. Clarity	94
95.明	95
96. Brightness	96
97. Illumination	97
98. Enlightenment	98
99. Wisdom	99
100. Knowledge	100

Meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

	Seite
A. Einleitung und Fragestellung	1
B. Methodik	5
I. Untersuchungsgut	5
II. Untersuchungsmethoden und -kriterien	6
III. Statistische Auswertung	8
IV. Kritische Betrachtung zur Untersuchungs- methodik und Auswertung	9
C. Darstellung der Ergebnisse	11
D. Diskussion der Ergebnisse	24
E. Zusammenfassung und Schlußfolgerung	55
F. Literaturverzeichnis	58
G. Tabellen und Signifikanztabellen	73
H. Lebenslauf	92

A. Einleitung und Fragestellung

Zahlreiche Untersuchungen beschäftigten sich seit der Einführung der Spiroergometrie mit der Lungenfunktion und der Leistungsfähigkeit des Herz-Kreislaufsystems. Da bei den ventilatorischen Lungenfunktionsgrößen über die Beziehungen des Atemzugvolumens zur Vitalkapazität (Atemtiefe) und des Atemminutenvolumens zum Atemgrenzwert wenig bekannt ist, fanden sie hier eine umfassende Darstellung. Systematische Untersuchungen größeren Umfangs fehlen, insbesondere unter Berücksichtigung von Alter, Übergewicht und körperlicher Aktivität. In der Literatur finden sich folgende Hinweise zu diesem Thema:

Über die Atemtiefe berichtete bereits 1932 Christensen (35). Er schreibt dazu wörtlich: "Beim Übergang von Ruhe zur Arbeit stellen die Versuchspersonen ihre Respiration auf eine gewisse Tiefe ein, und diese optimale Tiefe ist innerhalb weiter Grenzen unabhängig von der Ventilationsgröße". Diese optimale Respirationstiefe, die etwa 40 - 60 % der Vitalkapazität beträgt, wird bei zunehmender Arbeitsintensität annähernd konstant gehalten. Dazu muß gesagt werden, daß er nur an 6 Versuchspersonen Belastungsuntersuchungen am Krogh'schen Fahrradergometer durchführte, wobei er bei einer Versuchsperson bei einer Ventilation von 37 Liter/min und 112 Liter/min dieselbe Respirationstiefe feststellte und die vermehrte Ventilation nur durch Erhöhung der Atemfrequenz zustande kam. Nielsen (157) schreibt dazu in seiner 1936 erschienenen Arbeit über "Die Respirationsarbeit bei Körperruhe und bei Muskularbeit". "Die Änderung der Respirationstiefe hat innerhalb der Grenzen der natürlichen Regulierung der Atemfrequenz und Tiefe keine Bedeutung für die Ökonomie der Atmung, so daß die Atmungsarbeit bei spontaner Regulierung der Respirationsfrequenz und Tiefe allein durch die Größe der Ventilation bestimmt wird".

Die einzige umfassende Untersuchung über die Atemtiefe in Relation zur Vitalkapazität veröffentlichte Robinson 1933 (171). Die auf dem Laufband durchgeführten Untersuchungen

umfaßten ein Kollektiv von 93 Personen im Alter von 6 - 91 Jahren. Er kommt darin zu folgendem Ergebnis: Das prozentuale Atemzugvolumen $\frac{\text{Atemzugvolumen} \times 100}{\text{Vitalkapazität}}$ steigt in Ruhe bei den Erwachsenen infolge der Abnahme der Vitalkapazität mit dem Alter, nicht wegen einer unterschiedlichen Atemfrequenz und Atemtiefe langsam an. Während mäßiger Arbeit steigt es mit dem Alter relativ steil an, was er auf die Abnahme des Quotienten Vitalkapazität pro Körpergewicht mit fortschreitendem Alter zurückführt, während das Atemzugvolumen hier keine altersmäßigen Veränderungen zeigt. Bei erschöpfender Arbeit findet er, daß sich hier der Anteil der Vitalkapazität, der bei maximaler Ventilation benutzt wird (ca. 55 - 60 %), mit dem Alter nicht ändert. Einer Abnahme des maximalen Atemzugvolumens geht annähernd die Abnahme der Vitalkapazität parallel.

Astrand (7) fand bei seinen spiroergometrischen Untersuchungen an 35 20 - 33 jährigen männlichen Versuchspersonen ein durchschnittliches maximales Atemzugvolumen von ca. 54 % der Vitalkapazität. Diese Relation von 1 : 2 des maximalen Atemzugvolumens zur Vitalkapazität bei Belastung fand er auch für die Frauen bestätigt (8).

Morse (152) gab bei 110 10 - 17 jährigen Versuchspersonen im submaximalen Bereich eine durchschnittliche Atemtiefe von 35 % der Vitalkapazität für alle Altersgruppen an. Bei maximaler Belastung betrug die Atemtiefe bei den 10 und 11 jährigen 47,5 % und stieg bei den 12 - 17 jährigen auf durchschnittlich 54,7 % der Vitalkapazität.

Heine, Benesch und Hertz (75) unterstreichen in ihren Untersuchungen zur Atemgrenzwertbestimmung die besondere Bedeutung der mittleren Atemtiefe von 50 % der Vitalkapazität zur Erzielung eines möglichst großen maximalen Ventilationswertes, wobei die größten Werte bei einer Atemtiefe von 45 % der Vitalkapazität gefunden wurden. In einer späteren Veröffentlichung kam Hertz (80) zu einem ähnlichen Resultat mit einer optimalen Atemtiefe von 43 % der Vitalkapazität.

Bernstein u.a. (22) errechneten mit einer Atemtiefe von 56 % der Vitalkapazität, Zöllner u.a. (216) mit 55 % und Baldwin u.a. (12) mit ca. 50 % Werte in derselben Größenord-

nung zur Erzielung eines maximalen Ventilationswertes. Einen wesentlich höheren Wert fand Hermannsen (77) mit einem Atemzugvolumen von ca. 80 % der Vitalkapazität und einen sehr niedrigen fanden Pasargiklian u.a. (166) mit 38 % der Vitalkapazität.

Saltin u.a. (180) erzielten bei 42 - 50 jährigen männlichen Personen bei maximaler Belastung eine Atemtiefe von durchschnittlich 51 % der Vitalkapazität, die auch nach einem 10 wöchigen Training unverändert blieb.

Cermák (34) beobachtete unter Vita-maxima-Bedingungen bei einer untrainierten 25 jährigen Versuchsperson eine maximale Atemtiefe von 62 % der Vitalkapazität, die sich ebenfalls nach einem 4 1/2 monatigen Training mit 60 % der Vitalkapazität nicht wesentlich änderte.

Nach Untersuchungen von Heine u.a. (75) erreicht das maximale Atemminutenvolumen bei Belastung nur ca. 60 % des durch Hyperventilation ermittelten Atemgrenzwertes. Es besteht also eine theoretische Atemreserve von 40 %, die praktisch nicht ausgenutzt werden kann.

Nach Hollmann (89) werden äußerstenfalls 70 - 80 % des Atemgrenzwertes bei maximaler Belastung ventiliert.

Grimby u.a. (67) geben einen Wert von 60 - 70 % des Atemgrenzwertes für das Arbeitsatemminutenvolumen bei maximaler Belastung an. Bei Shepard (190) erreichte das Arbeitsatemminutenvolumen bei einer submaximalen Belastung von 80 % der aeroben Kapazität ca. 50 - 60 % des Atemgrenzwertes, bei zusätzlicher freiwilliger Hyperventilation ca. 70 - 80 % des Atemgrenzwertes. Freedmann (53) fand bei maximaler steady-state-Belastung ein Arbeitsatemminutenvolumen von ca. 64 % des Atemgrenzwertes, Ogilvie u.a. (162) bei maximaler Belastung einen ähnlichen Wert von 68 % des Atemgrenzwertes für das Arbeitsatemminutenvolumen, Hermannsen (77) und Dripps-Comroe (1947), zitiert aus Clark u.a. (36), fanden ebenfalls Werte für das maximale Arbeitsatemminutenvolumen von 60 % des Atemgrenzwertes.

Bei maximaler willkürlicher Ventilation können nach Zocche u.a. (215) 53 % des Atemgrenzwertes über 15 Minuten, nach

Clark (36) 88 % des Atemgrenzwertes über 4 Minuten geatmet werden.

Nach Joss (104) kann das Atemminutenvolumen während maximaler Belastung bei fehlendem respiratorischen Gleichgewicht weiter ansteigen und, ohne konstant zu bleiben, einen Maximalwert erreichen, der den in Ruhe gewonnenen Atemgrenzwert übertrifft.

Doch über die Beziehungen des Atemminutenvolumens zum Atemgrenzwert bei verschiedenen Belastungsstufen in Abhängigkeit von Alter, körperlicher Aktivität und Übergewichtigkeit ist bisher noch nichts veröffentlicht worden. Ziel dieser Arbeit ist es, die aufgezeigten Lücken in der Spiroergometrie zu schließen. Es soll an einem größeren Untersuchungsgut gezeigt werden, welche Veränderungen die Atemreserve (ausgedrückt als aktuelles Atemminutenvolumen in Prozent des Atemgrenzwertes) und das prozentuale Atemzugvolumen $= \frac{\text{Atemzugvolumen} \times 100}{\text{Vitalkapazität}}$ in Ruhe und unter Belastung in Abhängigkeit von körperlicher Aktivität, Übergewichtigkeit und mit zunehmendem Lebensalter erfahren.

B. Methodik

I. Untersuchungsgut

Das Untersuchungsgut umfaßt ein Kollektiv von 750 männlichen, normotonen Personen im Alter von 20 - 70 Jahren. Es wurden nur die Meßdaten lungengesunder Personen, die aufgrund des EKG- und Röntgenbefundes keinen Anhalt für eine Erkrankung des Herz- und Kreislaufsystems boten, verwendet. Ebenso wurden alle Patienten mit Regulationsstörungen und einem Ruheblutdruck von Werten über 145/95 mm Hg ausgeschlossen.

Um die Altersabhängigkeit der körperlichen Leistungsfähigkeit zu zeigen, erfolgte eine Gruppierung in Dekaden. Da auch das absolute und relative Körpergewicht und die körperliche Aktivität einen Einfluß auf verschiedene ergospirometrische Daten zeigen (1, 5, 6, 15, 42, 47, 67, 85, 90, 92, 96, 108), wurde das Kollektiv jeder Altersdekade nochmals in

1. normalgewichtige, nicht oder unregelmäßig Sport treibende
2. übergewichtige, nicht oder unregelmäßig Sport treibende
3. normalgewichtige, regelmäßig Sport treibende

Normotoniker unterteilt.

Als übergewichtig wurden Personen mit mehr als 110 % des Normalgewichtes nach dem Broca-Index bezeichnet.

Als regelmäßig Sport treibend wurden diejenigen Personen zusammengefaßt, die einen Freizeitsport mit Daueranstrengung ausübten, wie z.B. Schwimmen, Radfahren, Tennis, einige Leichtathletikdisziplinen, alpine Sportarten (Bergsteigen, Skilanglauf). Ausgesprochene Leistungssportler befinden sich nicht in diesem Untersuchungsgut.

Da die Anzahl der Personen, die aufgrund ihres Berufes regelmäßig eine körperliche Arbeit verrichten und sich ebenfalls meist durch bessere Kreislaufökonomie auszeichnen, zu gering war, wurden sie in den einzelnen Gruppen nicht berücksichtigt.

II. Untersuchungsmethoden

Es wurden folgende Meßgrößen ausgewertet:

Körpergröße, -gewicht, -oberfläche; relatives Körpergewicht nach dem Broca-Index, das diastolische Herzvolumen (es wurde mit Hilfe zweier synchron aufgenommener kymographischer Röntgenaufnahmen im sagittalen und transversalen Strahlengang nach der Rohrer-Kahlstorf'schen Formel, modifiziert nach Musshoff und Reindell, errechnet). Als statische Lungenfunktionsgröße die Vitalkapazität (BTPS) und als dynamische der Atemgrenzwert (BTPS).

Bei einer submaximalen Leistung von 80 Watt und bei einer Leistung unter den Bedingungen eines relativen steady-state folgende Meßgrößen:

Die Herzfrequenz (aus dem EKG berechnet), die Sauerstoffaufnahme pro Pulsschlag (= Sauerstoffpuls), der Sauerstoffpuls pro absolutem Körpergewicht, das Herzvolumen pro Sauerstoffpuls (= Herzvolumenleistungsquotient).

Die folgenden Daten wurden in Körperruhe und in ansteigenden Leistungsstufen von jeweils 40 Watt bis zu einer Leistung unter den Bedingungen eines relativen steady-state errechnet:

Sauerstoffaufnahme (STPD), Atemvolumen (BTPS), Atemminutenvolumen (BTPS), Atemfrequenz und Atemäquivalent.

Ferner die Relationen $\frac{\text{Atemvolumen} \times 100}{\text{Vitalkapazität}} = \text{prozentuales Atemzugvolumen}$, $\frac{\text{Atemminutenvolumen} \times 100}{\text{Atemgrenzwert}} = \text{prozentuales Atemminutenvolumen}$.

Die spiographischen und ergospirometrischen Untersuchungen wurden an einem Spirographen nach Knipping (der Firma Dargatz, Typ 210, Aufbaustufe D-S) mit geschlossenem Kreislauf durchgeführt. Die Spirographie in Ruhe und bei Belastung wurde am liegenden Patienten vorgenommen. Zur Prüfung der körperlichen Leistungsfähigkeit wurde Tretkurbelarbeit im Liegen an einem

Fahrradergometer mit Wirbelstrombremse (Universalergometer Typ 499 der Firma Dargatz) geleistet. Die Belastung erfolgte nach dem steady-state-Prinzip. Es wurde mit 40 Watt begonnen und jeweils um 40 Watt bis zum Abbruch gesteigert. Ein Anstieg der Pulsfrequenz innerhalb der letzten drei Minuten um mehr als 8/min wurde nicht mehr als steady-state gewertet. Die Tretgeschwindigkeit lag unter 100 Watt bei 40 Umdrehungen pro Minute, mit 100 Watt und mehr bei 50 U/min. Jede Belastungsstufe dauerte 5 - 6 Minuten, wobei die Sauerstoffaufnahme und die Pulsfrequenz für etwa 3 Minuten einen konstanten Wert zeigen mußten. Die Einstellung der Tretkurbelarbeit erfolgte meist entweder wegen subjektiver Erschöpfung oder wegen einer nachweisbaren Ausbelastung im Sinne der "maximalen Ergostase". Zur Beurteilung der Ausbelastung wurden folgende Kriterien verwendet:

1. Die im maximalen steady-state erreichten Pulsfrequenzen mußten innerhalb des altersentsprechenden Normbereichs liegen,
 2. das im maximalen steady-state gemessene Atemäquivalent mußte einen Wert von 2,9 überschritten haben oder wenn
 3. der Sauerstoffpuls gegenüber der vorangegangenen Wattstufe nicht weiter anstieg oder sogar wieder abfiel.
- (Kriterien siehe auch König u.a. 116)

III. Statistische Methoden

Es wurden angewendet:

Der arithmetische Mittelwert $\bar{x}$, die Standardabweichung s_x .

Die Konstanten a und b der linearen Regressionsgleichung

$y = a + b \cdot x$ nach der Formel:

$$a = \bar{y} - b \cdot \bar{x} \quad \text{und}$$

$$b = \frac{\sum xy - \bar{y} \cdot \sum x}{\sum x^2 - \bar{x} \cdot \sum x}$$

Der Korrelationskoeffizient r nach der Formel:

$$r = b \cdot \sqrt{\frac{\sum x^2 - \bar{x} \cdot \sum x}{\sum y^2 - \bar{y} \cdot \sum y}}$$

Die Prüfung der Signifikanz der Mittelwerte erfolgte nach dem Student-t-Test. Die Prüfung der Signifikanz von r von 0 erfolgte nach der Formel:

$$t = \sqrt{n - 2} \cdot \frac{r}{\sqrt{1 - r^2}} \quad \text{wobei } n - 2 = \text{Freiheitsgrad der Beobachtungspaare}$$

Die prozentuale Zufallswahrscheinlichkeit p für die Signifikanz von Mittelwertsunterschieden und Korrelationen wurde wie folgt definiert:

0,05 > p > 0,01 = wahrscheinlich signifikant (*)

0,01 > p > 0,001 = signifikant (**)

0,001 > p = hochsignifikant (***)

Um die Altersabhängigkeit der Mittelwertunterschiede zu zeigen, wurde sowohl bei den Normalgewichtigen, Übergewichtigen und regelmäßig Sport treibenden die Altersdekade II (20 - 29 jährige) mit der Altersdekade IV (40 - 49 jährige) und VI (60 - 69 jährige) verglichen und die Signifikanz der Mittelwerte geprüft.

Um den Einfluß der Übergewichtigkeit und sportlichen Tätigkeit zu zeigen, erfolgte in jeder Altersdekade ein Vergleich der Mittelwerte der Normalgewichtigen mit den Übergewichtigen und regelmäßig Sport treibenden.

Den prozentualen Anteil der gewerteten Personen in den einzelnen Belastungsstufen von der Gesamtzahl der jeweiligen Gruppe zeigt Tab. 3, Seite 75.

IV. Kritische Betrachtung zur Untersuchungsmethodik und Auswertung

Alle spiroergometrischen Untersuchungen an unserem Patientenkollektiv wurden bei Tretkurbelarbeit im Liegen durchgeführt. Um die dabei gefundenen Werte beim Vergleich mit anderen veröffentlichten Ergebnissen in ihrer Aussagekraft richtig beurteilen zu können, ist es notwendig, ihre größenmäßigen Veränderungen bei verschiedenen Arbeitsformen zu kennen. Die körperliche Belastung erfolgt meistens in Form von Handkurbelarbeit im Stehen, Fußkurbelarbeit im Sitzen und Liegen oder auf dem Laufband. Einige Untersucher beschäftigten sich mit den Veränderungen von Atem- und Kreislaufunktionsgrößen bei verschiedenen Arbeitsformen (91, 146, 147). So ist die Herzschlagfrequenz im "steady-state", gleiche physikalische Leistung vorausgesetzt, bei Fußkurbelarbeit im Liegen um ca. 10 % niedriger als die Fußkurbelarbeit im Sitzen; die Atmung im Liegen dagegen unökonomischer als im Sitzen. So findet man neben einem höheren Atemminutenvolumen und Atemäquivalent ein geringeres Sauerstoffaufnahmevermögen (89, 145, 146, 147). Ebenso sind die Meßgrößen der Lungenvolumina (97), Lungenfunktionswerte und der davon abgeleiteten Parameter in Relation zur Versuchsmethodik zu sehen.

Besonders die Körperhaltung zeigt hier einen wesentlichen Einfluß auf statische und dynamische Lungenfunktionsgrößen (10, 11, 30, 50, 72, 130, 151, 177, 201). So soll die Vitalkapazität infolge des Wechsels des Zwerchfellstandes und der vermehrten Blutfülle der Lunge in Rückenlage durchschnittlich 10 % kleiner sein als im Stehen. Ebenso soll der Atemgrenzwert ca. 10 % niedriger sein, da die Atmung im Stehen bei gleicher Atemtiefe eine höhere Atemfrequenz gestattet (61). Auch tageszeitliche Unterschiede sind zu berücksichtigen (82, 129). Ferner spielt es eine gewisse Rolle, ob die Lungenfunktionsgrößen, wie z.B. Vitalkapazität und Atemgrenzwert vor oder nach Belastung bestimmt wurden. So zeigt sich die Vitalkapazität nach Belastung verringert (75, 138, 207) und der Atemgrenzwert meist erhöht (75, 138).

Verschiedene Auffassungen gibt es auch zur Methodik der Atemgrenzwertbestimmung (19,22,23,54,56,65,70,73,75,77,80,139,154,162,166,189,205,216). Es werden sowohl verschiedene Atemfrequenz und -tiefe als auch eine unterschiedliche Atemdauer zur Erzielung eines größtmöglichen Atemgrenzwertes angegeben. Die vorgeschlagene Atemfrequenz reicht von 30 - 120/min bis zur willkürlichen Frequenz. Die Atemtiefe schwankt zwischen $\frac{1}{2}$ der Vitalkapazität und fast völliger Ausnutzung. Die Atemdauer wird ebenfalls unterschiedlich mit 10 Sekunden bis zu 1 Minute angegeben.

Wir fordern zur Bestimmung des Atemgrenzwertes den Patienten auf, 10 Sekunden lang auf Kommando möglichst tief und schnell einzuatmen, wobei die Atemfrequenz bei etwa 40 - 50/min liegt. Auch Pasargiklian u.a. (166) betonen, daß Höchstwerte des Atemgrenzwertes erzielt werden, wenn man die Versuchsperson auffordert, so schnell und tief als möglich zu atmen. Unsere Ergebnisse stimmen gut mit anderen publizierten Werten überein (56,70,73,156).

Auf einen Vergleich der erhaltenen Werte für die Vitalkapazität und den Atemgrenzwert mit sogenannten Sollwerten, von denen es allein in Deutschland fast 20 geben soll (101), wurde verzichtet, da die empfohlenen Sollwertangaben wegen ihrer großen Unterschiede in der Berechnung sehr umstritten sind (12,19,28,30,31,56,69,71,78,79,96,118,137,156,159,208,213). Besonders bei Adipösen werden erhöhte Werte der Soll-Vitalkapazität (85) und des Soll-Atemgrenzwertes erzielt, wenn er aus der gewichtsbezogenen Soll-Vitalkapazität errechnet wird.

Als Maß der Leistungsfähigkeit des Herz- und Kreislaufsystems wurden der Sauerstoffpuls, sein Korrelat zum Körpergewicht und der Herzvolumenleistungsquotient bei einer submaximalen Leistung von 80 Watt und bei maximaler Ergostase verwendet. Wie an den durchschnittlichen "maximalen" Pulsfrequenzen in den einzelnen Altersdekaden ersichtlich ist, liegen unsere Werte noch im Bereich submaximaler Belastung und entsprechen der oberen Begrenzung der Dauerleistungsfähigkeit, liegen also unter der Höchstleistungsfähigkeit.

C. Darstellung der Ergebnisse

Anthropometrische Daten

Körpergröße

(s. Tab. 1 Seite 73 und Signifikanztabelle 1 Seite 85)

Die Körpergröße zeigt erwartungsgemäß eine Abnahme mit fortschreitendem Alter. Beim Vergleich der Altersdekade II mit VI ist sie hochsignifikant bei den Normalgewichtigen, nicht Sport treibenden und Normalgewichtigen, regelmäßig Sport treibenden. Bei den Übergewichtigen erfolgt ebenso wie bei den Normalgewichtigen eine Abnahme der Körpergröße der Altersdekade VI gegenüber II um 4 cm, die aber infolge des geringeren Untersuchungsgutes statistisch nicht gesichert ist. Auffallend ist die durchschnittlich größere Körperlänge der regelmäßig Sport treibenden in den Altersgruppen II bis V gegenüber den Normal- und Übergewichtigen.

Absolutes und relatives Körpergewicht

(s. Tab. 1 Seite 73 und Signifikanztabelle 1 Seite 85)

Das absolute Körpergewicht zeigt keine altersabhängigen Gewichtsunterschiede bei den Normalgewichtigen, nicht Sport treibenden, Übergewichtigen und Normalgewichtigen, regelmäßig Sport treibenden. Vergleicht man die drei Kollektive untereinander, so sind die Übergewichtigen in jeder Altersdekade hochsignifikant schwerer (ca. 15 kg) als die Normalgewichtigen, nicht Sport treibenden und Normalgewichtigen, regelmäßig Sport treibenden. Ferner ist das absolute Körpergewicht der regelmäßig Sport treibenden durchschnittlich etwas höher als das der Normalgewichtigen, nicht Sport treibenden.

Beim relativen Körpergewicht zeigt sich bei den Normalgewichtigen, nicht Sport treibenden und Normalgewichtigen, regelmäßig Sport treibenden infolge der Abnahme der Körpergröße mit dem Alter bei in etwa gleich bleibendem absoluten Körpergewicht eine hochsignifikante Zunahme des relativen

Körpergewichtes mit dem Alter. So haben die 20 - 30 jährigen mit 93 % gegenüber den älteren Altersdekaden mit ca. 100 % das günstigste relative Körpergewicht nach dem Broca-Index. Bei den Übergewichtigen ist keine Altersabhängigkeit des relativen Körpergewichts festzustellen. Vergleicht man die drei Kollektive untereinander, so zeigen die Übergewichtigen eine hochsignifikante Erhöhung des relativen Körpergewichtes. Während es bei den Normalgewichtigen, nicht Sport treibenden und Normalgewichtigen, regelmäßig Sport treibenden bei ungefähr 100 % liegt, überschreitet es bei den Übergewichtigen in jeder Altersdekade 120 %. Das relative Körpergewicht ist bei den Normalgewichtigen, nicht Sport treibenden und Normalgewichtigen, regelmäßig Sport treibenden, bei den jeweiligen Altersdekaden gleich groß, so daß das etwas höhere absolute Körpergewicht der regelmäßig Sport treibenden nicht nur auf eine Zunahme der "aktiven" Muskelmasse, sondern auch auf die größere Körperlänge zurückzuführen ist.

Körperoberfläche

(s. Tab. 1 Seite 73 und Signifikanztabelle 1 Seite 85)

Die Körperoberfläche ist erwartungsgemäß hochsignifikant größer bei den Übergewichtigen im Vergleich zu den Normalgewichtigen, nicht Sport treibenden und Normalgewichtigen, regelmäßig Sport treibenden. Die etwas größeren und schwereren regelmäßig Sport treibenden haben gegenüber den Normalgewichtigen, nicht Sport treibenden, auch eine größere Körperoberfläche.

Herzvolumen

(s. Tab. 1 Seite 74 und Signifikanztabelle 1 Seite 85)

Eine Vergrößerung des Herzvolumens mit dem Alter läßt sich bei den Normalgewichtigen, nicht regelmäßig und Normalgewichtigen, regelmäßig Sport treibenden, nicht feststellen. Bei den Übergewichtigen zeigt sich jedoch bei den 60 - 70 jährigen trotz einem niedrigeren absoluten Körpergewicht und niedrigerer Körpergröße ein deutlich größeres Herzvolumen (ca. 100 ccm) gegenüber den 20 - 30 jährigen Übergewichtigen.

Beim Vergleich der Übergewichtigen mit den Normalgewichtigen, nicht regelmäßig und Normalgewichtigen, regelmäßig Sport treibenden zeigt sich mit einer Ausnahme eine signifikante bis hochsignifikante Herzvolumenvergrößerung bei den Übergewichtigen in allen Altersdekaden. Nur die 20 - 30 jährigen Übergewichtigen zeigen gegenüber den gleichaltrigen Normalgewichtigen, regelmäßig Sport treibenden, keinen statistisch gesicherten Unterschied im Herzvolumen. Im Durchschnitt zeigen die Normalgewichtigen, nicht regelmäßig Sport treibenden, das geringste und die Übergewichtigen das größte Herzvolumen. Es beträgt bei den Normalgewichtigen, nicht regelmäßig Sport treibenden, 795 ccm, bei den Normalgewichtigen, regelmäßig Sport treibenden, 828 ccm und bei den Übergewichtigen 924 ccm. Der Quotient Herzvolumen pro Körpergewicht beträgt bei den Normalgewichtigen, nicht regelmäßig Sport treibenden, durchschnittlich 10,6, bei den Normalgewichtigen, regelmäßig Sport treibenden, 10,7 und ist bei den Übergewichtigen mit 10,0 am ungünstigsten.

Pulsfrequenz bei einer submaximalen Leistung von 80 Watt und bei maximaler Ergostase

(s. Tab. 4 Seite 76 und Signifikanztabelle 2 Seite 86)

Die Pulsfrequenz zeigt bei einer submaximalen Leistung von 80 Watt keine Altersabhängigkeit bei den nicht und regelmäßig Sport treibenden Normalgewichtigen. Dagegen findet sich bei den Übergewichtigen eine schwach signifikante Abnahme der Pulsfrequenz von 113/min bei den 20 - 30 jährigen auf 105/min bei den über 60 jährigen.

Die regelmäßig Sport treibenden zeigen gegenüber den Normalgewichtigen, nicht regelmäßig Sport treibenden und Übergewichtigen eine signifikant bis hochsignifikant niedrigere Pulsfrequenz bei 80 Watt. Eine Ausnahme bilden die 60 - 70 jährigen Übergewichtigen, die hier eine ähnlich niedrige Pulsfrequenz wie die 60 - 70 jährigen, regelmäßig Sport treibenden, aufweisen.

Eine zum Teil hochsignifikante Abnahme der Pulsfrequenz mit dem Alter bei maximaler Ergostase zeigt sich in allen 3 Gruppen. Vergleicht man die einzelnen Kollektive untereinander,

so zeigen die regelmäßig Sport treibenden die geringste und die Übergewichtigen die größte Pulsfrequenzabnahme mit dem Alter, die statistisch bereits ab der IV. Altersdekade signifikant größer als bei den nicht und regelmäßig Sport treibenden ist.

Sauerstoffaufnahme in Ruhe, bei einer submaximalen Leistung von 80 und 120 Watt und bei maximaler Ergostase

(s. Tab. 8 Seite 78 und Signifikanztabelle 2 Seite 86)

In Körperruhe ist eine Abnahme der Sauerstoffaufnahme mit dem Alter nur bei den Normalgewichtigen, nicht regelmäßig Sport treibenden, statistisch signifikant. Die Übergewichtigen zeigen durchschnittlich die höchste und die Normalgewichtigen, nicht regelmäßig Sport treibenden, die niedrigste Sauerstoffaufnahme.

Bei einer submaximalen Leistung von 80 und 120 Watt zeigt sich in keiner Gruppe eine statistisch gesicherte unterschiedliche Sauerstoffaufnahme mit dem Alter. Die nicht regelmäßig Sport treibenden Normalgewichtigen nehmen gegenüber den Übergewichtigen und Sportlern bei gleicher Belastung etwas weniger Sauerstoff auf. Bezogen auf das Körpergewicht besteht jedoch im submaximalen Bereich bei Sportlern und Nichtsportlern kein wesentlicher Unterschied mehr, während die Übergewichtigen keine dem Körpergewicht adäquate Sauerstoffaufnahme zeigen.

Bei maximaler Ergostase zeigt sich bei den Normalgewichtigen, nicht und regelmäßig Sport treibenden und Übergewichtigen eine hochsignifikante Abnahme des Sauerstoffaufnahmevermögens mit dem Alter, das bereits beim Vergleich der 20 - 30 jährigen mit den 40 - 50 jährigen statistisch gesichert ist.

Während beim Vergleich der Übergewichtigen mit den Normalgewichtigen, nicht regelmäßig Sport treibenden, kein Unterschied im Sauerstoffaufnahmevermögen bei maximaler Ergostase besteht, ist es bei den Sportlern gegenüber diesen beiden Gruppen in allen Altersdekaden signifikant bis hochsignifikant größer.

Sauerstoffpuls bei 80 Watt und maximaler Ergostase
(s. Tab. 5 Seite 76 und Signifikanztabelle 3 Seite 87)

Der Sauerstoffpuls zeigt bei den nicht und regelmäßig Sport treibenden keinen Alterseinfluß bei einer submaximalen Leistung von 80 Watt. Bei den Übergewichtigen ist er im mittleren Lebensalter (30 - 50 jährig) am niedrigsten, nimmt bei den 50 - 60 jährigen wieder zu und erreicht bei den über 60 jährigen den höchsten Wert in dieser Gruppe.

Beim Vergleich der drei Gruppen untereinander zeigen die Sportler bereits im submaximalen Bereich (80 Watt) in jeder Altersgruppe den höchsten Sauerstoffpuls. Er ist in jeder Altersdekade hochsignifikant größer gegenüber den nicht Sport treibenden Normalgewichtigen; gegenüber den Übergewichtigen ist er hochsignifikant höher bei den 30 - 50 jährigen, während der Unterschied zu den 20 - 30 jährigen und über 60 jährigen Übergewichtigen statistisch nicht gesichert ist. Bei den Übergewichtigen zeigen die 50 - 70 jährigen gegenüber den gleichaltrigen, nicht Sport treibenden Normalgewichtigen einen signifikant bis hochsignifikant höheren Wert.

Der Sauerstoffpuls bei maximaler Ergostase zeigt bei den nicht und regelmäßig Sport treibenden eine hochsignifikante Abnahme mit dem Alter, während er hingegen bei den Übergewichtigen der VI. Altersdekade (60 - 70 jährigen) wieder ansteigt. Hier zeigen wie im submaximalen Bereich die Übergewichtigen im mittleren Lebensalter den niedrigsten Sauerstoffpuls.

Beim Vergleich der 3 Gruppen untereinander zeigen die Sportler gegenüber den Normalgewichtigen, nicht Sport treibenden und den Übergewichtigen einen hochsignifikant höheren Sauerstoffpuls in fast jeder Altersdekade. Eine Ausnahme bilden nur die über 60 jährigen Übergewichtigen, bei denen kein statistisch gesicherter Unterschied mehr zu den gleichaltrigen Sportlern besteht, während die Übergewichtigen dieser Altersgruppe im Vergleich zu den Normalgewichtigen, nicht Sport treibenden, einen hochsignifikant höheren Sauerstoffpuls haben.

Sauerstoffpuls pro Körpergewicht (kg) bei 80 Watt und maximaler Ergostase

(s. Tab. 6 Seite 77 und Signifikanztabelle 3 Seite 87)

Der Quotient Sauerstoffpuls/Körpergewicht zeigt bei einer submaximalen Leistung von 80 Watt bei den nicht und regelmäßig Sport treibenden Normalgewichtigen keine Veränderung mit zunehmendem Alter. Bei den Übergewichtigen vergrößert sich jedoch der Quotient bei den über 60 jährigen gegenüber den 40 - 50 jährigen hochsignifikant.

Vergleicht man die 3 Gruppen untereinander, so zeigen die Sportler in jeder Altersdekade einen signifikant bis hochsignifikant höheren Quotienten als die Normalgewichtigen, nicht Sport treibenden und die Übergewichtigen. Die Übergewichtigen haben auch gegenüber den Normalgewichtigen, nicht Sport treibenden, in jeder Altersdekade einen hochsignifikant niedrigeren Quotientenwert im submaximalen Bereich (80 Watt).

Bei maximaler Ergostase zeigt sich bei den nicht und regelmäßig Sport treibenden erwartungsgemäß eine Abnahme des Quotientenwertes mit dem Alter (statistisch hochsignifikant), während er bei den Übergewichtigen der VI. Altersdekade wieder zunimmt.

Beim Vergleich der 3 Gruppen haben die Sportler in jeder Altersdekade einen hochsignifikant höheren Wert im Vergleich zu den Normalgewichtigen, nicht Sport treibenden und Übergewichtigen. Die Übergewichtigen zeigen gegenüber den Normalgewichtigen, nicht Sport treibenden, eine weitere hochsignifikante Verringerung der Sauerstoffaufnahme pro Körpergewicht in jeder Altersdekade mit Ausnahme der über 60 jährigen.

Herzvolumenleistungsquotient bei 80 Watt und maximaler Ergostase

(s. Tab. 7 Seite 77 und Signifikanztabelle 3 Seite 87)

Der Herzvolumenleistungsquotient zeigt sowohl bei den nicht und regelmäßig Sport treibenden als auch bei den Übergewichtigen keine altersbedingten Veränderungen im submaximalen Bereich (80 Watt).

Vergleicht man die 3 Gruppen untereinander, so haben die Sportler in jeder Altersdekade den günstigsten Wert, und er ist bei den Übergewichtigen gegenüber den Normalgewichtigen, nicht Sport treibenden, mit Ausnahme der 20 - 30 jährigen nochmals signifikant bis hochsignifikant schlechter.

Bei maximaler Ergostase zeigt der Herzvolumenleistungsquotient bei den nicht und regelmäßig Sport treibenden eine signifikante bis hochsignifikante Erhöhung des Quotienten mit dem Alter. Bei den Übergewichtigen ist die Zunahme des Quotientenwertes weniger ausgeprägt. Erwartungsgemäß zeigen auch hier die Sportler in jeder Altersdekade den günstigsten Wert. Im mittleren Lebensbereich zeigen die Übergewichtigen nochmals eine hochsignifikante Erhöhung des Quotienten gegenüber den Normalgewichtigen, nicht Sport treibenden. Bei den 20 - 30 jährigen und über 60 jährigen Übergewichtigen ist der Unterschied geringer (statistisch wahrscheinlich signifikant).

Vitalkapazität

(s. Tab. 2 Seite 74 und Signifikanztabelle 4 Seite 88)

Die Vitalkapazität zeigt sowohl bei den nicht und regelmäßig Sport treibenden Normalgewichtigen als auch bei den Übergewichtigen eine Abnahme mit dem Alter. Sie ist beim Vergleich der Altersdekade II mit VI mit 24 % bei den Übergewichtigen am größten und mit 18 % bei den Sportlern am geringsten. Durchschnittlich haben die Sportler die größte und die Übergewichtigen die kleinste Vitalkapazität, zeigen also keine dem Körpergewicht adäquate Vitalkapazität. Der Quotient Vitalkapazität (ccm) pro Körpergewicht (kg) beträgt bei den Sportlern durchschnittlich 60,8, bei den Nichtsportlern 57,4 und bei den Übergewichtigen 45,7. Bezieht man die Vitalkapazität auf die Körpergröße, so zeigt sich bei den Normalgewichtigen, nicht Sport treibenden und Übergewichtigen kein wesentlicher Unterschied mehr.

Atemgrenzwert

(s. Tab. 2 Seite 74 und Signifikanztabelle 4 Seite 88)

Der Atemgrenzwert zeigt ebenfalls eine Abnahme mit dem Alter sowohl bei den nicht und regelmäßig Sport treibenden Normalgewichtigen als auch bei den Übergewichtigen. Auch hier erreichen die Sportler den höchsten Wert in jeder Altersgruppe. Er ist in den Altersdekaden V und VI statistisch signifikant bis hochsignifikant gegenüber den gleichaltrigen nicht Sport treibenden Normalgewichtigen und Übergewichtigen. Zwischen den Normalgewichtigen, nicht Sport treibenden und Übergewichtigen besteht in keiner Altersdekade ein signifikanter Unterschied.

Atemzugvolumen in Ruhe, bei einer submaximalen Leistung von 80 und 120 Watt und bei maximaler Ergostase

(s. Tab. 11 Seite 81 und Signifikanztabelle 4 Seite 88)

Das Atemzugvolumen in Ruhe zeigt bei den Normalgewichtigen, nicht Sport treibenden, eine Zunahme mit dem Alter (statistisch hochsignifikant). Auch bei den Sportlern und Übergewichtigen zeigen die 20 - 30 jährigen die geringste Atemtiefe, die aber nur bis zur IV. Altersdekade größer wird und dann annähernd gleich bleibt. Wegen der großen Streubreite des Atemzugvolumens in Ruhe ist der Unterschied statistisch nicht gesichert. Beim Vergleich der 3 Gruppen untereinander zeigt das Atemzugvolumen in keiner Altersgruppe einen gesicherten Unterschied, jedoch haben die Übergewichtigen entgegen der Erwartung hier durchschnittlich das größte Atemzugvolumen.

Bei einer submaximalen Leistung von 80 Watt und 120 Watt zeigen die Normalgewichtigen, nicht regelmäßig Sport treibenden, ebenfalls wieder eine Zunahme der Atemtiefe mit dem Alter (statistisch hochsignifikant). Bei den Übergewichtigen und Sportlern zeigt sich kein statistisch gesicherter Altersunterschied, doch haben auch hier, besonders deutlich bei 120 Watt, die 20 - 30 jährigen die geringste Atemtiefe. Beim Vergleich der 3 Gruppen untereinander ist ein unterschiedli-

ches Atemzugvolumen in keiner Altersdekade signifikant gesichert.

Bei maximaler Ergostase zeigt sich in jeder Gruppe ein Anstieg des Atemzugvolumens bis zu den Altersdekaden III und IV und dann ein Abfall auf den niedrigsten Wert bei den über 60 jährigen. Bei den nicht und regelmäßig Sport treibenden Normalgewichtigen ist der Unterschied beim Vergleich der Altersdekade IV mit VI hochsignifikant, bei den Übergewichtigen wahrscheinlich signifikant. Die Sportler haben in jeder Altersdekade das größte Atemzugvolumen (statistisch hochsignifikant in einigen Altersdekaden). Gegenüber den nicht Sport treibenden Normalgewichtigen läßt sich das durchschnittlich kleinste Atemzugvolumen der Übergewichtigen bei maximaler Ergostase statistisch nicht sichern.

Atemfrequenz in Ruhe, bei einer submaximalen Leistung von 80 Watt und 120 Watt und bei maximaler Ergostase
(s. Tab. 12 Seite 82 und Signifikanztabelle 5 Seite 89)

Die Atemfrequenz zeigt in keiner der 3 Gruppen einen Alters- einfluß sowohl in Ruhe als auch bei Belastung. Bei einer submaximalen Leistung von 80 Watt und 120 Watt haben die Sportler durchschnittlich die niedrigste und die Übergewichtigen die höchste Atemfrequenz (statistisch in einigen Altersdekaden hochsignifikant). Bei maximaler Ergostase findet sich beim Vergleich der Übergewichtigen mit den Sportlern ein statistisch gesicherter Unterschied der Atemfrequenz in keiner Altersdekade. Die Normalgewichtigen, nicht regelmäßig Sport treibenden, zeigen gegenüber den beiden vorherigen Gruppen eine etwas geringere Atemfrequenz, doch sind die Unterschiede in Relation zur Streubreite sehr gering. So beträgt die durchschnittliche Atemfrequenz der Sportler 32/min, der Übergewichtigen 31/min und der Normalgewichtigen nicht Sport treibenden 29/min bei maximaler Ergostase.

Atemminutenvolumen in Ruhe, bei einer submaximalen Leistung von 80 Watt und 120 Watt und bei maximaler Ergostase

(s. Tab. 9 Seite 79 und Signifikanztabelle 5 Seite 89)

Das Atemminutenvolumen in Ruhe zeigt weder bei den nicht und regelmäßig Sport treibenden noch bei den Übergewichtigen einen statistisch gesicherten Alterseinfluß. Es zeigen jedoch in jeder der 3 Gruppen die 20 - 30 jährigen den niedrigsten und die über 60 jährigen den höchsten Wert.

Bei einer submaximalen Leistung von 80 Watt und 120 Watt haben die Sportler das kleinste und die Übergewichtigen das größte Atemminutenvolumen (statistisch für einige Altersdekaden signifikant bis hochsignifikant). In beiden Belastungsstufen zeigt sich in jeder Gruppe eine Zunahme des Atemminutenvolumens mit dem Alter, die sich nur bei den Übergewichtigen statistisch nicht signifikant sichern läßt.

Das Atemminutenvolumen bei maximaler Ergostase ist bei den über 60 jährigen in jeder Gruppe am geringsten. Der höchste Wert des Atemminutenvolumens wird bei den Sportlern in der II. Altersdekade, bei den Übergewichtigen in der III. Altersdekade und bei den Normalgewichtigen, nicht Sport treibenden, in der IV. Altersdekade erreicht. Vergleicht man die 3 Gruppen untereinander, so erreichen die Sportler in jeder Altersdekade das größte Atemminutenvolumen. Zwischen den Übergewichtigen und Normalgewichtigen, nicht Sport treibenden, ist in keiner Altersdekade ein statistisch gesicherter Unterschied feststellbar.

Atemäquivalent in Ruhe, bei einer submaximalen Leistung von 80 Watt und 120 Watt und bei maximaler Ergostase

(s. Tab. 10 Seite 80 und Signifikanztabelle 6 Seite 90)

Das Atemäquivalent in Ruhe verschlechtert sich in jeder Gruppe mit fortschreitendem Alter (bei den Normalgewichtigen, nicht Sport treibenden hochsignifikant). Vergleicht man die 3 Gruppen untereinander, so zeigen die Sportler das günstigste und die Übergewichtigen das ungünstigste Atemäquivalent (statistisch signifikant bei den 20 - 30 jährigen).

Bei einer submaximalen Leistung von 120 Watt läßt sich in jeder der 3 Gruppen eine signifikante Zunahme des Wertes mit dem Alter nachweisen. Beim Vergleich der 3 Gruppen untereinander zeigen die Sportler bei 80 Watt und 120 Watt in jeder Altersdekade den günstigsten Wert (statistisch für die meisten Altersdekaden signifikant bis hochsignifikant gesichert). Die Normalgewichtigen, nicht Sport treibenden, zeigen gegenüber den Übergewichtigen keinen gesicherten Unterschied.

Bei maximaler Ergostase zeigt sich erwartungsgemäß kein wesentlicher Unterschied mehr. Die Übergewichtigen und Sportler lassen keine Veränderung mit dem Alter erkennen. Bei den Normalgewichtigen, nicht Sport treibenden, könnte der niedrigere Atemäquivalentwert der Altersdekade II im Vergleich zur Altersdekade VI darin eine Erklärung finden, daß die jüngeren Personen nicht relativ gleich ausbelastet werden konnten.

Im gegenseitigen Vergleich zeigt sich bei keiner der 3 Gruppen in irgendeiner Altersdekade ein statistisch gesicherter Unterschied.

Das prozentuale Atemzugvolumen = $\frac{\text{Atemzugvolumen} \times 100}{\text{Vitalkapazität}}$
 in Ruhe, bei einer submaximalen Leistung von 80 Watt und 120 Watt und bei maximaler Ergostase
 (s. Tab. 13 Seite 83 und Signifikanztabelle 6 Seite 90)

In Ruhe vergrößert sich der Wert des prozentualen Atemzugvolumens in jeder Gruppe mit dem Alter (statistisch gesichert bei den Normalgewichtigen, nicht Sport treibenden). Vergleicht man die 3 Gruppen untereinander, so läßt sich kein statistisch gesicherter Unterschied feststellen. Im Durchschnitt nehmen jedoch die Sportler mit 14 % den geringsten und die Übergewichtigen mit 17 % den größten prozentualen Anteil der Vitalkapazität in Anspruch.

Bei einer submaximalen Leistung von 80 Watt und 120 Watt läßt sich in jeder der 3 Gruppen ein signifikanter Alterseinfluß nachweisen. So steigt bei 120 Watt z.B. der prozentuale Anteil des Atemzugvolumens an der Vitalkapazität bei den Nor-

malgewichtigen, nicht Sport treibenden 20 - 30 jährigen von 34 % auf 51 % bei den über 60 jährigen, bei den Übergewichtigen von 31 % auf 47 % und bei den Sportlern von 31 % auf 44 %.

Vergleicht man die 3 Gruppen untereinander, so nehmen die Sportler im submaximalen Bereich in jeder Altersdekade einen geringeren Anteil der Vitalkapazität in Anspruch. Besonders deutlich wird der Unterschied im mittleren und höheren Lebensalter (bei den 40 - 60 jährigen statistisch signifikant bis hochsignifikant). Die Übergewichtigen und Normalgewichtigen, nicht Sport treibenden, zeigen in den einzelnen Altersdekaden annähernd dieselben Werte.

Bei maximaler Ergostase können die Sportler durchschnittlich mit dem größten Anteil der Vitalkapazität atmen und die Übergewichtigen mit dem geringsten. Die Unterschiede sind jedoch bezogen auf die Streubreite gering. Statistisch signifikant ist der Unterschied bei den 20 - 30 jährigen Sportlern und den gleichaltrigen Übergewichtigen. Im Durchschnitt atmen bei maximaler Ergostase die Sportler mit 50 %, die Nichtsportler mit 47 % und die Übergewichtigen mit 45 % der Vitalkapazität.

Ein Alterseinfluß läßt sich nur bei den Normalgewichtigen, nicht Sport treibenden und Übergewichtigen statistisch sichern. Bei beiden Gruppen kommt es zu einer Erhöhung des prozentualen Atemzugvolumens von den 20 - 30 jährigen bis zu den 40 - 50 jährigen und bleibt dann bei den 50 - 70 jährigen in etwa gleich.

$$\text{Prozentuales Atemminutenvolumen} = \frac{\text{Atemminutenvolumen} \times 100}{\text{Atemgrenzwert}}$$
 in Ruhe, bei einer submaximalen Leistung von 80 Watt und 120 Watt und bei maximaler Ergostase
 (s. Tab. 14 Seite 84 und Signifikanztabelle 7 Seite 91)

Das prozentuale Atemminutenvolumen in Ruhe zeigt sowohl bei den nicht und regelmäßig Sport treibenden Normalgewichtigen als auch bei den Übergewichtigen eine Zunahme des Wertes mit dem Alter (nur bei den Übergewichtigen statistisch nicht signifikant). Beim Vergleich der 3 Gruppen untereinander ist bei den Übergewichtigen in einigen Altersdekaden der Anteil des Atemminutenvolumens am Atemgrenzwert signifikant bis hochsignifikant höher als bei den nicht und regelmäßig Sport treibenden. So beträgt der durchschnittliche Anteil des Atemminutenvolumens am Atemgrenzwert in Ruhe bei den Sportlern 6 %, den Nichtsportlern 8 % und den Übergewichtigen 10 %.

Bei einer submaximalen Leistung von 80 Watt und 120 Watt zeigt sich in allen 3 Gruppen ein signifikanter Alterseinfluß. In jeder Gruppe nimmt der prozentuale Anteil des Atemminutenvolumens am Atemgrenzwert zu. Beim Vergleich der 3 Gruppen untereinander zeigen die Sportler in fast jeder Altersdekade einen signifikant bis hochsignifikant geringeren prozentualen Anteil des Atemminutenvolumens am Atemgrenzwert gegenüber den Übergewichtigen und Normalgewichtigen, nicht Sport treibenden.

Bei maximaler Ergostase ergibt sich nur bei den Normalgewichtigen, nicht Sport treibenden, ein statistisch gesicherter Alterseinfluß. Der prozentuale Anteil nimmt von den 20 - 30 jährigen zu den über 60 jährigen um ca. 10 % zu (von 47 % auf 57 %).

Beim Vergleich der 3 Gruppen untereinander besteht wegen der großen Streubreite kein gesicherter Unterschied mit Ausnahme der 30 - 40 jährigen Normalgewichtigen, nicht Sport treibenden gegenüber den gleichaltrigen Übergewichtigen. Der prozentuale Anteil des Atemminutenvolumens am Atemgrenzwert von durchschnittlich 60 % bei maximaler Ergostase wird in keiner der 3 Gruppen wesentlich überschritten, allerdings ist die durchschnittliche Standardabweichung mit ca. 15 % groß.

D. Diskussion der Ergebnisse

Zur Beurteilung der ventilatorischen Lungenfunktion wurden als statische Funktionsgröße die Vitalkapazität (VK) und als dynamische der Atemgrenzwert (AGW) verwendet. Beide Größen zeigen eine signifikante Abnahme mit dem Alter. Dies gilt sowohl für die normalgewichtigen, nicht und regelmäßig Sport treibenden, als auch für die übergewichtigen Normotoniker. Diese Tatsache ist auch in vielen anderen Veröffentlichungen unbestritten (1,4,12,20,24,31,45,47,66,70,73,92,94,101,111,123,135,156,193,210,212,213). Einheitlich sind auch die Auffassungen, daß der AGW mit dem Alter prozentual stärker abnimmt als die VK (4,66,94,111). Bei unseren Ergebnissen zeigt sich derselbe Befund. Bei den Normalgewichtigen, nicht Sport treibenden und Übergewichtigen kommt es bei den 20 - 30 jährigen gegenüber den 60 - 70 jährigen zu einer Abnahme der VK um ca. 22 %, des AGW um ca. 30 %. Bei den regelmäßig Sport treibenden zeigt sich eine geringere Abnahme von 18 % bei der VK und von 25 % beim AGW (siehe graph. Darst. Seite 29 und 30).

Umstritten ist in der Literatur jedoch der Zeitpunkt der physiologischen Altersinvolution der Lungenfunktion. Nach Anthony-Venrath (4), Hollmann u.a. (94) erreichen VK und AGW mit 25 Jahren ein Maximum, dann erfolgt eine kontinuierliche Abnahme. Nach Landen (123) zeigen VK und AGW ein Optimum bei den 20 - 30 jährigen. Die VK nimmt bei seinen Untersuchungen mit dem 30. Lebensjahr ab, während der AGW sich bis zur 4. Lebensdekade nur wenig ändert. Jäger (101) findet bei 30 jährigen ein Maximum der VK. Bühlmann u.a. (31) und Zehnder (213) finden einen Höhepunkt der VK ebenfalls im 3. Lebensjahrzehnt, wobei nach Bühlmann eine deutliche Abnahme erst nach dem 45. Lebensjahr erfolgt. Gray (65) fand beim AGW zwischen 18 und 35 Jahren keine signifikante Korrelation mit dem Alter. Bei Yamada (212) erfolgt die prozentual stärkste AGW-Abnahme im 6. Lebensjahrzehnt. In einer neueren Veröffentlichung (1975) kommt Mandy (135) zu dem Ergebnis, daß die VK bis zum 35. Lebensjahr zunimmt, dann bis zum 70. Lebensjahr ständig abnimmt

und sich nach dem 70. Lebensjahr nur noch langsam verringert. Die Involution des respiratorischen Systems erfolgt bei ihm erst nach dem 35. Lebensjahr, was gegenüber Anthony-Venrath (4) mit 25 Jahren als Maximum immerhin einen Unterschied von 1 Lebensdekade ausmacht. Bei Worth (210) bleiben ebenfalls die wichtigsten Lungenfunktionsparameter (VK, AGW) bis zum 40. Lebensjahr ziemlich konstant, dann erst zeigt sich in der 5. Lebensdekade ein größerer Knick.

Auch bei unserem Untersuchungsgut zeigen VK und AGW bei den 20 - 40 jährigen mit Ausnahme der VK bei den Übergewichtigen keine größere Abnahme, was mit den Ergebnissen von Bühlmann (31), Mandy (135) und Worth (210) gut übereinstimmt.

Über den Einfluß der körperlichen Aktivität auf die VK und den AGW gibt es zahlreiche Untersuchungen (26,44,51,89,92, 94,95,124,125,189,207). Die Lungenfunktionsgrößen zeigen eine Abhängigkeit vom Trainingszustand. Trainierte weisen durchschnittlich wesentlich höhere Werte auf als Untrainierte (26,44,51,124,189,207). Nach Borgard u.a. (26) ist der größere AGW der Trainierten vor allem an die Vertiefung der VK und der leicht steigerbaren Respirationsgeschwindigkeit gebunden. Nach Frankfurth (51) weisen Sporttreibende eine um durchschnittlich 300 ccm größere VK auf. Unsere Ergebnisse zeigen ein ähnliches Ergebnis. Die regelmäßig Sport treibenden weisen gegenüber den nicht Sport treibenden eine um ca. 400 ccm größere und gegenüber den Übergewichtigen eine um ca. 500 ccm größere VK auf. Dies gilt für alle Altersdekaden. Ebenso zeigt der AGW in allen Altersdekaden um ca. 20 Liter größere Werte bei den Sportlern. Lang (125) fand ebenfalls bei Alterssportlern eine höhere VK gegenüber Nichtsportlern gleichen Alters. Hollmann u.a. (94,95) fanden bei Sportlern unter 35 Jahren eine VK-Zunahme von 380 ccm nach 6 monatigem Training und bei 55 - 67 jährigen untrainierten Versuchspersonen eine Steigerung der VK von 2,7 auf 3,0 l ($\hat{=}$ 300 ccm) und des AGW von 72,2 auf 80,8 l nach 5 monatigem Training. Cermák (34) erzielte ebenfalls bei einem 25 jährigen Probanden nach 4 1/2 monatigem Training eine VK-Zunahme von 4 % ($\hat{=}$ 303 ccm). Die höchste VK-Zunahme fand Wacholder (207) bei Rennruderern nach 1 jährigem Training mit bis zu

650 ccm. Eine Ausnahme bildet Swenson (197), der keinen Trainingseinfluß auf die Lungenvolumina bei 40 - 50 jährigen fand.

Über die Einschränkung der Lungenfunktion durch Adipositas und die Auswirkungen auf statische und dynamische Lungenfunktionsgrößen gibt es ebenfalls zahlreiche Veröffentlichungen (15,17,37,48,63,68,99,100,106,117,155,202,211,214). Hier sind die Auffassungen jedoch geteilt. Nach Fabel (48) findet sich bei Adipösen eine ausgesprochene obstruktive Ventilationsstörung infolge Steigerung der viskösen Atemwiderstände infolge Bronchokonstriktion (er fand bei 15 extrem Übergewichtigen Personen die VK im Normbereich). Ebenso fand Krackhard (117) keine Verminderung der VK und des AGW infolge reiner Adipositas. Nach Zeilhofer (214) ist der Prototyp der Ventilationsstörung bei Adipösen definiert durch eine Restriktion der statischen Lungenvolumina als Ausdruck einer herabgesetzten Volumendehnbarkeit der Lunge mit signifikanter Verminderung der VK und des AGW.

Nach Bedell (17) normalisierte sich nach Gewichtsverlust wieder die Reduktion des AGW und der VK; Jacobsen (100) fand jedoch in der Größe der VK nach Gewichtsverlust keinen Unterschied.

Unsere Übergewichtigen zeigen ein durchschnittliches relatives Körpergewicht von 120 % nach dem Broca-Index; es handelt sich also um eine mäßige Übergewichtigkeit. Gegenüber den Normalgewichtigen, nicht Sport treibenden, zeigt sich in keiner Altersdekade ein signifikanter Unterschied beim AGW und der VK, doch durchschnittlich ergibt sich sowohl bei der VK als auch dem AGW eine deutliche Tendenz zur Abnahme mit der Übergewichtigkeit. Vergleicht man die Absolutwerte mit Soll-Werten, so sind die Unterschiede jedoch erheblich. An einem Beispiel demonstriert, zeigen die 40 - 50 jährigen Übergewichtigen einen Anteil von 94 % des Soll-Wertes, die Normalgewichtigen, nicht Sport treibenden 113 % und die regelmäßig Sport treibenden 122 % (berechnet nach der in unserem Institut gebräuchlichen Formel $VK = \text{Soll-Grundumsatz} \times 2,3$). Berechnet man den Soll-Wert des AGW für die 4. Lebensdekade nach der Formel $AGW = \text{Soll-VK} \times 21$, so zeigt sich ein ähnli-

ches Ergebnis (über unterschiedliche Soll-Wertangaben siehe Kritik zur Methodik).

Das Atemminutenvolumen (AMV) in Ruhe zeigt eine gering steigende Tendenz mit dem Alter in allen 3 Kollektiven. Greifenstein (66) fand ebenfalls das Ruhe-AMV bei älteren Personen (über 50 jährigen) leicht erhöht. Keinen wesentlichen Alterseinfluß auf das Ruhe-AMV fanden Worth (210) und Hollmann (90). Bei Aepley (1) fällt dagegen das AMV in Ruhe mit dem Alter ab, was bei ihm der Verminderung des Stoffwechsels mit dem Alter entspricht. Im Gegensatz zu unserem Befund ergibt sich zwar eine niedrigere Sauerstoffaufnahme in Ruhe mit dem Alter als Ausdruck einer Erniedrigung des Stoffwechsels im Alter; sie geht jedoch mit einer Verschlechterung der Atemökonomie einher, was sich auch in einem signifikant schlechteren Atemäquivalentwert ausdrückt. Das Ruhe-AMV der Übergewichtigen (mit ca. 10 Liter) ist gegenüber den nicht und regelmäßig Sport treibenden erhöht (ca. 8 Liter). Turell (202) fand ebenso bei Adipösen das Ruhe-AMV erhöht. Das niedrigste Ruhe-AMV zeigen die regelmäßig Sport treibenden, was auch Reindell (170) und Kirchhoff (108) fanden.

Als wesentlichstes Ergebnis zeigt sich bei unseren Werten, daß sich

1. das AMV in Ruhe und bei submaximaler Belastung mit dem Alter vergrößert und das maximale AMV wieder verringert (für alle 3 Kollektive gültig),
2. bei regelmäßig Sport treibenden bei vergleichbarer Belastung das Arbeits-AMV niedriger und die maximal erreichbaren Arbeits-AMV bei maximaler Ergostase wesentlich höher liegen,
3. bei den Übergewichtigen die Arbeits-AMV im submaximalen Bereich höher liegen als bei den nicht und regelmäßig Sport treibenden, wobei der Unterschied zu den nicht regelmäßig Sport treibenden in der höheren Belastungsstufe geringer wird und bei maximaler Ergostase ganz verschwindet (siehe auch graph. Darst. Seite 30).

Bezüglich Punkt 1 und 2 kommen Aepley (1), Borgard u.a. (26), Ericsson (47), Higgs u.a. (84), Hollmann (90,92), Joos (104),

Kirchhoff (108), Koch u.a. (112), Mellerowicz (145), Reindell (170) zu dem selben Ergebnis. Bezüglich Punkt 3 kommt Turell (202) zum selben Ergebnis. Auch bei ihm zeigen die Übergewichtigen bei gleicher Belastung ein höheres Arbeits-AMV als die Normalgewichtigen im submaximalen Bereich.

Keinen statistischen Unterschied mehr im Arbeits-AMV finden wir bei einer Leistung von 120 Watt gegenüber den Normalgewichtigen, nicht Sport treibenden, während der Unterschied zu den regelmäßig Sport treibenden zum Teil noch immer hochsignifikant ist. Für das größere Arbeits-AMV Untrainierter im Vergleich zu Trainierten bei gleicher Leistung machen Koch u.a. (112) und Borgard u.a. (26) periphere Verhältnisse (bessere periphere Sauerstoffausnutzung) verantwortlich. Nach Hollmann (90) bedeutet eine gegebene submaximale Belastungsstufe für ältere Personen eine objektiv schwerere Anstrengung. Er beweist dies mit einem höheren arteriellen Laktatspiegel und einem niedrigeren pH-Wert bei Älteren auf gegebener Belastungsstufe und mit der bei Ausbelastung zutage tretenden geringeren Leistungsreserve.

Mit zunehmendem Alter erfolgt eine Einschränkung der ventilatorischen und aeroben Kapazität. Wie sich das maximale Arbeitsatemminutenvolumen und die maximale Ventilationsgröße (AGW) mit dem Alter nähern, zeigt deutlich die graphische Darstellung Seite 30.

Das höhere Arbeitsatemminutenvolumen bei Übergewichtigen ist bei unserem Untersuchungsgut sicher sowohl auf eine schlechtere Atemökonomie (höheres $\dot{A}\ddot{A}$), als auch auf eine höhere Sauerstoffaufnahme im Vergleich zu den Normalgewichtigen bei der jeweiligen Belastungsstufe zurückzuführen.

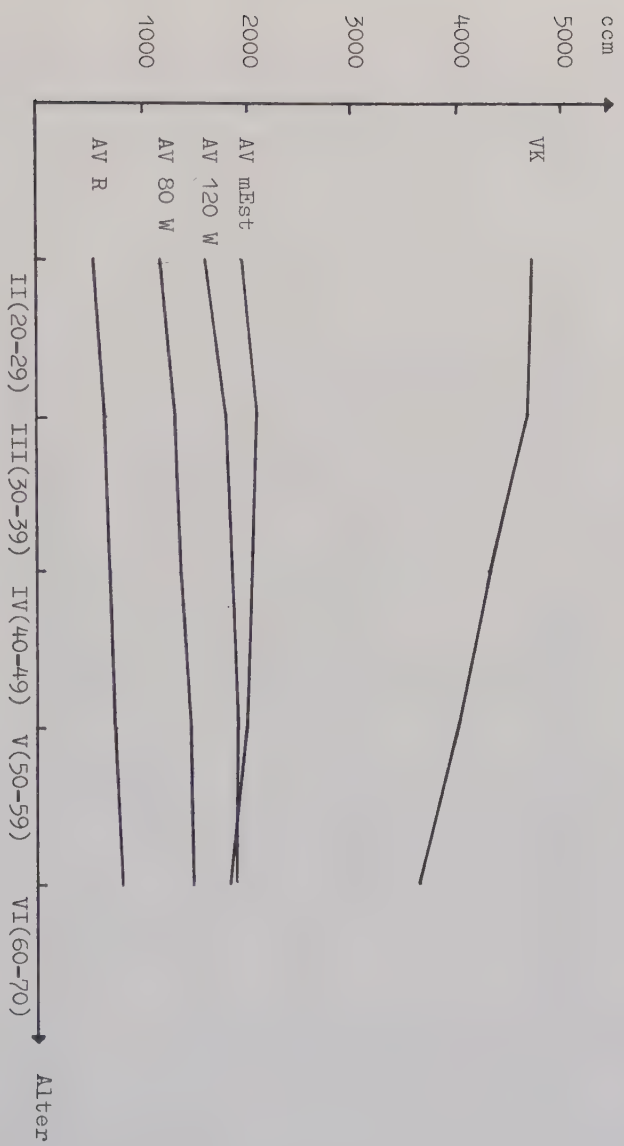


Abb.: 1

Vitalkapazität (VK) in Abhängigkeit vom Alter und Atemzugvolumen (AV) in Abhängigkeit von Alter und Belastung

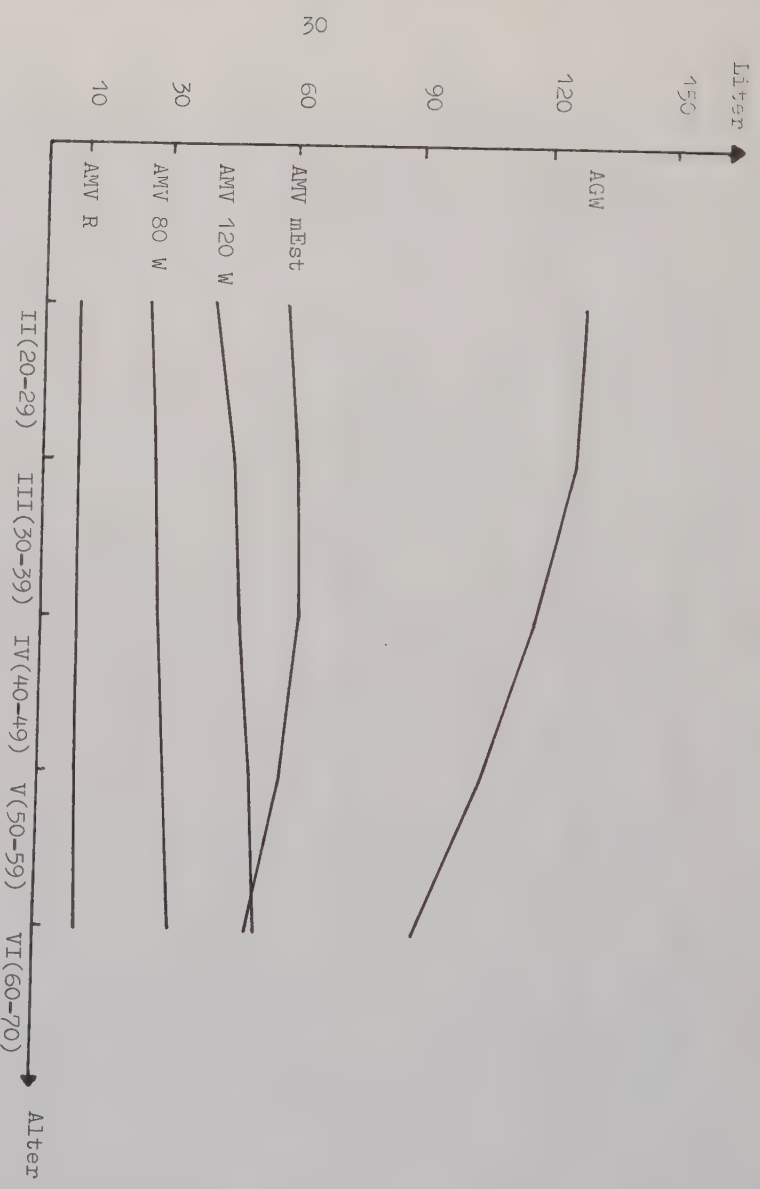


Abb.: 2

Atemgrenzwert (AGW) in Abhängigkeit von Alter und Atemminutenvolumen (AMV) in Abhängigkeit von Alter und Belastung

Das Atemzugvolumen und die Atemfrequenz in Abhängigkeit von Alter, Übergewicht und körperlichem Training werden in der Literatur wenig behandelt. Nach Christensen (35) wird bei steigender Ventilation sowohl die Atemfrequenz als auch die Atemtiefe vermehrt, wobei die erste große Vermehrung auf die Atemtiefe fällt und dann erst die Atemfrequenz zur vermehrten Ventilation annähernd linear bis auf 31-33/min ansteigt. Nach Ulmer (203), Rossier u.a. (174), Otis u.a. (163, 164) sind Atemvolumen und Atemfrequenz so darauf eingestellt, daß für das jeweilige Atemminutenvolumen die geringste Atemarbeit aufgebracht wird, wobei nach Rossier u.a. (174) unter pathologischen Bedingungen, wie z.B. steifer Thorax, Stenosen, auch andere Atemfrequenzen am ökonomischen sein können. Nach Nielsen (157) hat jedoch die Änderung der Respirationstiefe innerhalb der natürlichen Regulierung der Respirationsfrequenz und Tiefe keine Bedeutung für die Ökonomie der Atmung. Ebenso spielt nach Anthony-Venrath (4) die Atemfrequenz für die Ökonomie der Atmung keine Rolle. Nach Zöllner u.a. (216) ist die Größe der maximal durchführbaren Ventilation in einem großen Bereich unabhängig von der Atemfrequenz und Tiefe.

Die Ruheatemfrequenz wird bei Ulmer (203) mit 7-20/min, bei Greifenstein u.a. (66) mit 19/min, bei Landen (123) mit 10-20/min, bei Matheson mit 10/min, bei Hemingway (76) mit 11-13/min, bei Aepli (1) bei 40 - 65 jährigen mit 13/min, bei Mead (144) mit 16-18/min angegeben. Anthony u.a. (4) und Otis (163) finden als Optimum eine Ruheatemfrequenz von 15/min.

Die durchschnittliche Ruheatemfrequenz beträgt in unserem Untersuchungsgut 13/min bei den Normalgewichtigen und 14/min bei den Übergewichtigen. Unsere Werte stimmen gut mit denen von Hemingway (76) und Aepli (1) überein.

Über den Alterseinfluß auf die Atemfrequenz bei Erwachsenen sind die Meinungen geteilt. Knobloch (111) betont die Altersabhängigkeit der Ruheatemfrequenz und gibt für 20 - 50 jährige 16-18/min, für 60 - 70 jährige 19/min und für 80 - 90 jährige 23/min an; die Ruheatemfrequenz nimmt bei ihm also mit dem

Alter zu. Bei Landen (123) weist die Ruheatemfrequenz ebenfalls eine Tendenz zur Beschleunigung auf. Keine signifikante Änderung der Ruheatemfrequenz mit dem Alter stellten Hemingway (76), Aepli (1) und Worth (210) fest. Übereinstimmend wird jedoch von einer Abnahme der Ruheatemfrequenz von der Kindheit zum Erwachsenenalter berichtet (Morse 152, Robinson 171, Bengtsson 18, Knobloch 111).

In unserem Untersuchungsgut zeigt sich keine signifikante Änderung der Ruheatemfrequenzen mit dem Alter. Die 20 - 30 jährigen und 60 - 70 jährigen zeigen annähernd dieselbe Atemfrequenz. Unser Ergebnis stimmt gut mit den Beobachtungen von Hemingway (76), Worth (210) und Aepli (1) überein.

Die maximalen Atemfrequenzen bei Erwachsenen nehmen nach Robinson (171), Yamada (212) und Astrand (7) mit dem Alter ab. Aepli (1) fand bei 40 - 65 jährigen Versuchspersonen bei steady-state-Belastung keine Altersabhängigkeit. In unserem Untersuchungsgut (20 - 70 jährige) zeigt sich ebenfalls keine Abnahme der Atemfrequenz bei maximaler Ergostase in allen 3 Kollektiven.

Über den Einfluß der Übergewichtigkeit auf die Atemfrequenz sind die Auffassungen einheitlich. Die Übergewichtigen zeigen eine flache, frequente Atmung (Gilbert 63, Said 179, Turell 202, Zeilhofer 214). Es findet sich eine erhöhte Ruheatemfrequenz. Ebenso wird das jeweilige Arbeitsatemminutenvolumen im Vergleich zu Normalgewichtigen mit einer erhöhten Frequenz geatmet. Turell (202) findet eine erhöhte Ruheatemfrequenz von 20/min, Said (179) von 22/min.

Unsere Übergewichtigen zeigen ebenfalls eine geringfügig erhöhte Ruheatemfrequenz, wobei während submaximaler Belastung die Unterschiede signifikant größer werden.

Über den Einfluß des Trainings auf die Atemfrequenz sind die Auffassungen nicht einheitlich. Swenson (197) fand bei Personen mittleren Lebensalters keine Änderung der Arbeitsatemfrequenz nach körperlichem Training. Balke (14) betont jedoch das Absinken der Atemfrequenz nach körperlichem Training. Bei Saltin (180) wurde das nach Training vergrößerte maximale Arbeitsatemminutenvolumen hauptsächlich durch eine Atemfre-

quenzsteigerung erzielt, während das Atemzugvolumen annähernd normal blieb. Nach Borgard (26) kommt es jedoch zu einer Frequenzabnahme der Atmung (Bradypnoe) nach längerem sportlichem Training. Es erfolgt bei ihm auch unter intensivster Arbeit beim Trainierten ein wesentlich geringerer Frequenzanstieg als beim Untrainierten, wobei durch die Reduzierung der Arbeitsfrequenzen ein erheblicher Totraum eingespart wird und es zu einer Einschränkung des Energieverbrauches kommt. Hollmann u.a. (95) schreiben ebenfalls, daß sich ein Trainierter nach wenigen Atemzügen auf eine tiefe, langsame und gleichmäßige Atmung einstellt. Nach Kirchhoff (108) zeigen die Sportler einen anderen Atemtyp als Untrainierte. Sie beantworten eine Arbeitsleistung vor allem mit einer Vertiefung des Atemzugvolumens, während im Gegensatz zu Untrainierten die Atemfrequenz nur in mäßigem Umfang zur Erzielung des notwendigen Atemminutenvolumens herangezogen wird. Auch in unserem Untersuchungsgut zeigen die regelmäßig Sport treibenden einen in einigen Altersdekaden hochsignifikant geringeren Anstieg der Atemfrequenz, besonders gegenüber den Übergewichtigen im submaximalen Bereich. Aepli (1) findet ebenfalls bei 50 jährigen Sport treibenden eine geringere Atemfrequenz gegenüber nicht Sport treibenden bei submaximaler Leistung, was mit unserem Ergebnis übereinstimmt. Bei maximaler Ergostase findet sich kein signifikanter Unterschied mehr in den 3 Kollektiven; die höchsten Atemfrequenzen werden jedoch durchschnittlich von den regelmäßig Sport treibenden mit 33/min gegenüber den Übergewichtigen mit 31/min und den Normalgewichtigen, nicht Sport treibenden, mit 29/min erzielt.

Nach Anthony u.a. (4) zeigt das absolute Ruheatemzugvolumen große individuelle Unterschiede. Er gibt die Größe des Ruheatemzugvolumens mit 15 - 20 % der Vitalkapazität an, was auch mit unserem Ergebnis mit 11 - 20 % der Vitalkapazität bei den 20 - 70 jährigen übereinstimmt.

Über den Einfluß des Alters auf das Atemzugvolumen in Ruhe und bei Belastung sind die Meinungen in der Literatur geteilt.

Nach Knobloch (111) zeigt das Ruheatemzugvolumen im mittleren Lebensalter eine nur mäßige Veränderung und eine Abnahme mit dem Alter. Keine wesentliche Veränderung des Ruheatemzugvolumens mit dem Alter finden Hemingway u.a. (76) und Worth u.a. (210). Eine Zunahme des Ruheatemzugvolumens mit dem Alter finden Fowler (50) und Needham (156). Needham gibt eine Zunahme des Ruheatemzugvolumens bei 20 - 70 jährigen von 570 auf 780 ccm an. Unsere Werte zeigen eine sehr gute Übereinstimmung mit 569 auf 719 ccm bei den normalgewichtigen, nicht regelmäßig Sport treibenden 20 - 70 jährigen Normotonikern (siehe graph. Darst. Seite 29).

Das maximale Atemzugvolumen bei Belastung nimmt nach Robinson (171) mit dem Alter ab. Bei unserem Untersuchungsgut kommt es erst bei den 60 - 70 jährigen zu einer größeren Abnahme des Atemzugvolumens bei maximaler Ergostase, während es im submaximalen Bereich bei gleicher Belastungsstufe kontinuierlich von Altersstufe zu Altersstufe zunimmt (siehe graph. Darst. Seite 29). Die größten durchschnittlichen Atemzugvolumina werden sowohl bei den nicht und regelmäßig Sport treibenden Normalgewichtigen als auch bei den Übergewichtigen nicht bei den 20 - 30 jährigen, sondern bei den 30 - 50 jährigen erzielt, obwohl in diesem Bereich bereits eine deutliche Abnahme der Vitalkapazität zu erkennen ist.

Auch der Einfluß des Übergewichts auf das Atemzugvolumen wird in der Literatur unterschiedlich beschrieben. Gilbert u.a. (63) fanden durchschnittlich für Über- und Normalgewichtige ein gleiches Ruheatemzugvolumen. Die vermehrte Ruheventilation wurde durch eine gesteigerte Atemfrequenz erreicht. Turell u.a. (202) erzielten während Belastung bei Über- und Normalgewichtigen ein größeres Atemminutenvolumen, das bei den Übergewichtigen mit einer höheren Atemfrequenz und einem kleineren Atemzugvolumen gefördert wurde.

Nach Kaufmann (106) bedingen die erhöhten elastischen Atemwiderstände beim Übergewichtigen ein kleines Atemzugvolumen, um die geringste Atemarbeit zu erreichen.

Said (179) beschreibt ebenfalls eine flache, frequente Atmung bei Übergewichtigen. Zeilhofer (214) findet ebenfalls ein

kleines Atemzugvolumen und gibt bei Übergewichtigen einen Wert von 19 % der Vitalkapazität und bei Normalgewichtigen einen Wert von 21 % der Vitalkapazität für das Ruheatemzugvolumen an. Er macht für das verringerte Atemzugvolumen die Behinderung und Trägheit der Zwerchfellbewegung und eine herabgesetzte Dehnbarkeit des Thorax dafür verantwortlich.

Im submaximalen Bereich zeigen unsere Übergewichtigen keinen Unterschied im absoluten Atemzugvolumen zu den Normalgewichtigen. Das erhöhte Ruhe- und Arbeitsatemminutenvolumen wurde jedoch nicht mit einer Vertiefung der Atmung, sondern mit einer Atemfrequenzsteigerung erzielt. Gilbert u.a. (63) fand dasselbe Ergebnis für das Ruheatemminutenvolumen bestätigt (s.o.).

Während Belastung zeigen unsere Übergewichtigen pro gefördertem Atemminutenvolumen ebenfalls ein kleineres Atemzugvolumen als Normalgewichtige (s. Abb. 6 S.39), jedoch ist die Größe des Atemzugvolumens bei gleicher Belastungsstufe nicht signifikant kleiner als bei Normalgewichtigen. Dies steht im Gegensatz zu den Beobachtungen von Turell u.a. (202), der bei gleicher Belastungsstufe zwar ein größeres Atemminutenvolumen für Übergewichtige fand, die Übergewichtigen aber ein kleineres Atemzugvolumen hatten. Bei uns zeigt sich bei gleicher Belastungsstufe ebenfalls ein erhöhtes Atemminutenvolumen bei Übergewichtigen, aber ein durchschnittliches gleich großes Atemzugvolumen für Normal- und Übergewichtige. Die gesteigerte Ventilation wurde also auch überwiegend durch eine Frequenzsteigerung und nicht durch eine Vertiefung des Atemzugvolumens erreicht. Jedoch ist keine zusätzliche Erniedrigung des Atemzugvolumens eingetreten.

Bei maximaler Ergostase zeigt sich mit einem durchschnittlichen Atemzugvolumen von 1900 ccm für die übergewichtigen, nicht Sport treibenden, von 2000 ccm für die normalgewichtigen, nicht Sport treibenden und von 2300 ccm für die normalgewichtigen, regelmäßig Sport treibenden Normotonikern

eine deutliche Einschränkung des maximalen Atemzugvolumens besonders gegenüber den Sportlern.

Über den Einfluß des Trainings auf das Atemzugvolumen sind die Meinungen geteilt. Saltin u.a. (180) fanden bei 34 - 50 jährigen Personen nach 10 wöchigem Training keinen Einfluß auf das Atemzugvolumen während Belastung. Swenson u.a. (197) erzielten ebenfalls nach 8 wöchigem Training keine Veränderung des Atemzugvolumens bei Belastung. Nach Borgard u.a. (26) kommt es jedoch nach längerem sportlichem Training zu einer Verlangsamung der Atmung, die nur bei gleichzeitiger Vertiefung des Atemeinzelvolumens erfolgen kann, die ihrerseits von der Größe der Vitalkapazität abhängig ist. Hollmann u.a. (95) und Kirchhoff u.a. (108) betonen ebenfalls, daß Sportler eine Arbeitsleistung vorwiegend mit einer Vertiefung des Atemzugvolumens beantworten. Nach Nielsen (157) haben Personen mit großer Vitalkapazität im oberen Ventilationsbereich bei derselben Ventilation eine kleinere Atemarbeit. Otis (164) stellt ebenfalls fest, daß ein gegebenes Atemzugvolumen eine umso geringere elastische Arbeit verlangt, je größer die Vitalkapazität ist.

Aeppli (1) fand bei körperlich trainierten 40 - 65 jährigen Personen im Vergleich zu gleichaltrigen Untrainierten ein vergrößertes Atemzugvolumen bei submaximaler Belastung. In unserem Untersuchungsgut zeigt sich ein größeres Atemzugvolumen bei den regelmäßig Sport treibenden Normotonikern nicht bei der jeweiligen Belastungsstufe, jedoch im Verhältnis zum geförderten Atemminutenvolumen (siehe Abb. 6 Seite 39). Auch sind die maximalen Atemzugvolumina der Sportler in jeder Altersdekade zum Teil hochsignifikant größer als bei den Übergewichtigen und nicht regelmäßig Sport treibenden Normotonikern.

Germák (34) fand bei einer bis zum Maximum steigenden Belastung sowohl bei 11 jährigen Knaben als auch bei Leistungssportlern eine lineare Beziehung zwischen dem O_2 -Puls und dem Atemzugvolumen. Es zeigt sich bei ihm, daß bei der Arbeit, die etwa ein gleiches Atemzugvolumen benötigt, die Trainierten eine höhere Transportleistungsfähigkeit des Kreislaufs besitzen. Wir haben ebenfalls eine lineare Be-

ziehung zwischen dem O_2 -Puls und dem Atemzugvolumen sowohl bei 20 - 30 jährigen Sportlern als auch bei gleichaltrigen Übergewichtigen feststellen können (siehe Abb. 3 Seite 38). Es zeigen ebenfalls die Sportler einen höheren O_2 -Puls gegenüber den Übergewichtigen bei gleichem Atemzugvolumen, doch konvergieren unsere Regressionslinien im Gegensatz zu den Regressionslinien von Cermák bei Leistungssportlern und Kreislaufuntrainierten. Bei den Übergewichtigen steigt der O_2 -Puls im Verhältnis zum Atemzugvolumen proportional stärker an als bei den Sportlern, da sie nicht ihr Atemzugvolumen im selben Umfang vertiefen können und vor Erreichen des maximalen O_2 -Pulses vermehrt eine Atemfrequenzsteigerung zur Erzielung des geförderten Atemminutenvolumens einsetzen.

Balke (14) fand bei seinen Versuchspersonen ein nahezu lineares Ansteigen des Atemzugvolumens bis zu einer Arbeitsintensität, die mit einer O_2 -Aufnahme von 2000 ccm verbunden war. Eine lineare Beziehung von O_2 -Aufnahme und Atemzugvolumen konnten wir ebenfalls sowohl bei regelmäßig Sport treibenden Normalgewichtigen als auch nicht Sport treibenden Übergewichtigen feststellen (siehe Abb. 5 Seite 39). Im Gegensatz zu den Übergewichtigen zeigt sich bei den Sportlern eine lineare Beziehung über eine O_2 -Aufnahme von 2000 ccm hinaus bis ca. 2500 ccm. Ferner können die Sportler bei gleichem Atemzugvolumen eine größere Menge Sauerstoff aufnehmen, was ebenfalls für eine bessere Ökonomie der Atmung und des Kreislaufs spricht. Zwischen der Pulsfrequenz und dem Atemzugvolumen fanden wir ebenfalls eine lineare Beziehung (siehe Abb. 3 Seite 38). Hier zeigt sich, daß die Übergewichtigen bei gleichem Atemzugvolumen eine höhere Pulsfrequenz aufweisen als die Sportler. Bei etwa gleichen Pulsfrequenzen bei maximaler Ergostase zeigen die Sportler ein wesentlich größeres Atemzugvolumen. Auch steigt die Pulsfrequenz bei den Übergewichtigen im Vergleich zum Atemzugvolumen stärker an als bei den Sportlern.

Pulsfrequenz (min)

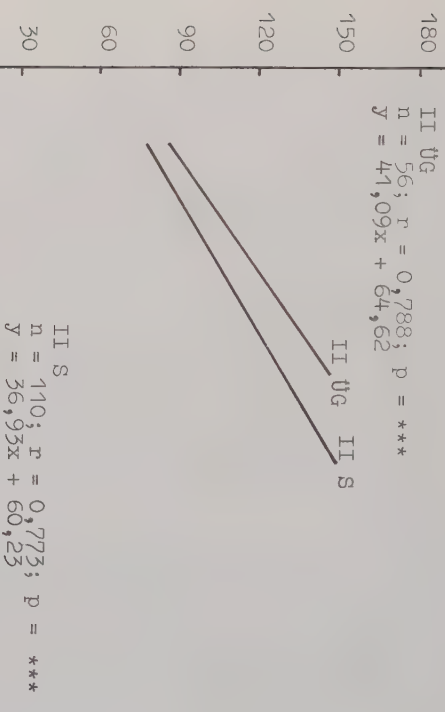


Abb.: 3

Beziehung zwischen dem Atemzugvolumen (AV) und der Pulsfrequenz bei 20-30 jährigen normalgewichtigen, regelmäßig Sport treibenden (II S) und übergewichtigen, nicht Sport treibenden (II tG) Normotonikern

O_2-P (ccm)

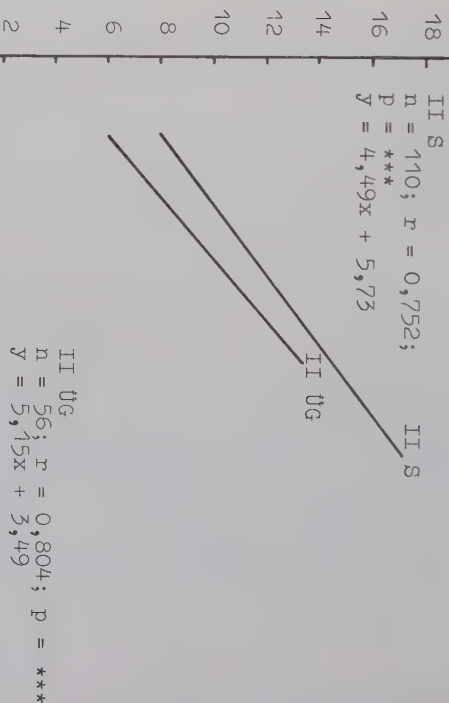


Abb.: 4

Beziehung zwischen dem Atemzugvolumen (AV) und dem Sauerstoffpuls (O_2-P) bei 20-30 jährigen normalgewichtigen, regelmäßig Sport treibenden (II S) und übergewichtigen, nicht Sport treibenden (II tG) Normotonikern

Sauerstoffaufnahme (ccm)

Atemminutenvolumen (Liter)

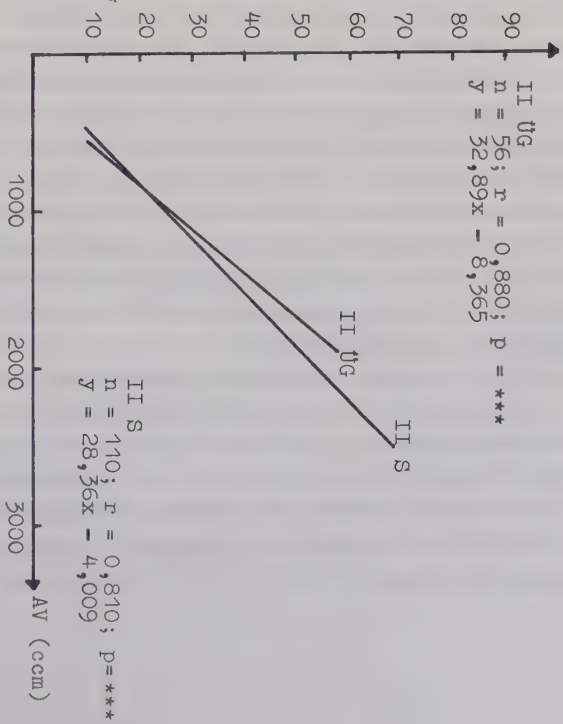
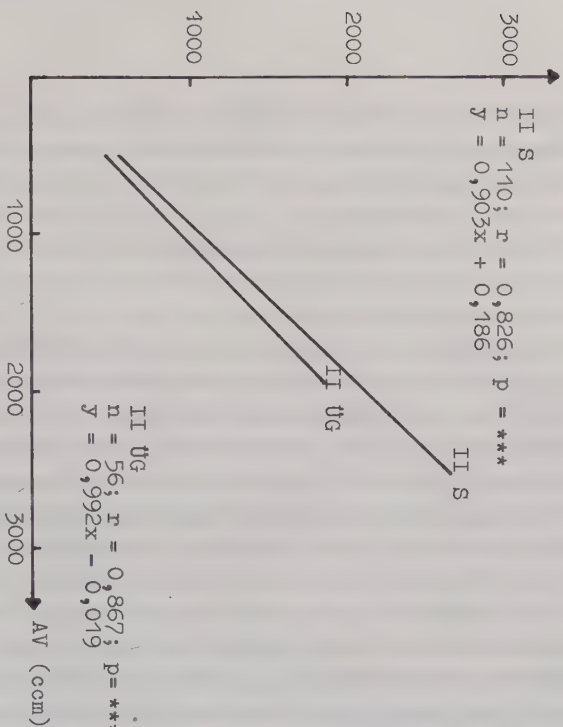


Abb.: 5

Beziehung zwischen dem Atemzugvolumen und der Sauerstoffaufnahme bei 20-30 jährigen normalgewichtigen, regelmäßig Sport treibenden (II S) und übergewichtigen, nicht Sport treibenden (II tG) Normotonikern

Abb.: 6

Beziehung zwischen dem Atemzugvolumen und dem Atemminutenvolumen bei 20-30 jährigen normalgewichtigen, regelmäßig Sport treibenden (II S) und übergewichtigen, nicht Sport treibenden (II tG) Normotonikern

Der Quotient $\frac{\text{Atemzugvolumen} \times 100}{\text{Vitalkapazität}}$ gibt an, wie groß prozentual die Atemtiefe im Verhältnis zur Vitalkapazität ist. Wir werden diese Größe als prozentuales Atemzugvolumen (%AV) bezeichnen.

Anthony (4) gibt einen Ruhewert von 15 - 20 % der VK an. Als maximale optimale Atemtiefe werden 50 % der VK angesehen (siehe Einleitung).

Bei unserem Untersuchungsgut liegt der Ruhewert bei den Normalgewichtigen bei ca. 15 %, bei den Übergewichtigen bei 17 %, was einen gegensätzlichen Befund zu den Angaben von Zeilhofer (274) darstellt, bei dem die Werte für die Adipösen niedriger liegen als bei den Normalgewichtigen. Für Körperruhe, submaximale und maximale Arbeit wurden bisher nur von Robinson (171) Werte veröffentlicht, die auch ältere Personen mit einschließen. Während Robinson (171) zu dem Ergebnis kommt, daß das prozentuale AV während Körperruhe allein durch Abnahme der VK mit dem Alter zunimmt, sind wir zu dem Ergebnis gekommen, daß auch die Zunahme des AV mit dem Alter prozentual beteiligt ist. Auch bei submaximaler Leistung kommt bei ihm die Zunahme des %AV allein durch Abnahme der VK mit dem Alter zustande, da sich das AV nicht ändert. Bei uns zeigt sich auch hier durch Zunahme des AV mit dem Alter eine prozentuale Beteiligung. Bei erschöpfender Arbeit findet er eine parallele Abnahme der VK und des maximalen AV mit dem Alter, so daß bei den Erwachsenen das prozentuale AV annähernd auf gleicher Höhe bleibt. Da bei unseren Normalgewichtigen, nicht Sport treibenden, die Abnahme des maximalen AV nicht mit der Abnahme der VK im Alter parallel verläuft, ergibt sich für die höhere Lebensdekade ein höheres %AV.

Die Abb. 7 auf Seite 43 zeigt das prozentuale Atemzugvolumen in Abhängigkeit vom Alter. Es kommt mit dem Alter bei gleicher Belastung zu einem hochsignifikanten Ansteigen des %AV. Ferner zeigt sich, daß die 20 - 30 jährigen Personen in allen 3 Kollektiven ihre VK bei maximaler Ergostase am wenigsten ausschöpfen. Den Einfluß der Übergewichtigkeit und des körperlichen Trainings zeigen die Abb. 8 Seite 44 und 11 Seite 53.

Im submaximalen Bereich schöpfen die Sportler bei gleicher Belastung ihre VK weniger aus als die Übergewichtigen. Bei maximaler Belastung können die Sportler jedoch in allen Altersdekaden mit dem größten Anteil der VK atmen. Der durchschnittliche Wert für die Übergewichtigen beträgt 45 % der VK und für die Sportler 50 % der VK. Die Normalgewichtigen, nicht Sport treibenden, liegen mit einem Wert von 47 % der VK etwa in der Mitte. Der Wert von 50 % der VK bei maximaler Ergostase wird aber durchschnittlich in keiner Altersdekade wesentlich überschritten, auch nicht von den regelmäßig Sport treibenden Normotonikern. Cermák (34) fand jedoch unter vita-maxima-Bedingungen bei 1 Versuchsperson eine wesentlich höhere Ausschöpfung von ca. 60 % der VK. Nach Morse (152) beträgt das maximale %AV bei Kindern unter 50 %.

Eine Erklärung dafür, daß die Atemtiefe einen Wert von 50 % der VK nicht wesentlich überschreitet, könnte die Feststellung Ulmers (203) geben, daß bei 50 - 55 % der VK die Thoraxwand ihre Ruhelage erreicht. Darüber hinaus zieht sie nicht mehr nach außen, sondern wie die Lunge nach innen und es kommt zu einem unproportionalen Anstieg der Atemarbeit. Nach Ulmer sind AV und AF immer so darauf eingestellt, daß für das jeweilige AMV die geringste Atemarbeit aufgebracht wird. Nach Nielsen (157) ist ein Atemzugvolumen von 50 % der VK höchst ökonomisch im Bezug auf die effektive Lungenventilation und Atemarbeit. Auch die zahlreichen Untersuchungen zur Methodik der AGW-Bestimmung (12,22,75,80,216) unterstreichen die besondere Bedeutung der mittleren Atemtiefe von 50 % der VK zur Erzielung eines möglichst großen maximalen Ventilationswertes. Lediglich Hermannsen (77) weicht mit einem sehr hohen Wert von 80 % der VK und Pasargiklian (166) mit 38 % der VK mit einem sehr niedrigen Wert vom obigen Ergebnis wesentlich ab.

Spiro (192) fand, daß das maximale AV bei Patienten mit chronisch obstruktiver Bronchitis, wenn man es als % der VK ausdrückt, keinen Unterschied zu den Gesunden zeigt. Der Wert betrug für beide ca. 50 % der VK.

Nach Pasargiklian (166) verwenden bei der AGW-Bestimmung sowohl Lungengesunde als auch Lungenkranke denselben Bruchteil der VK, der am schnellsten ein- und ausgeatmet werden kann. Um die höchsten Ventilationswerte zu erreichen, muß der Lungenkranke jedoch eine höhere Atemfrequenz wählen als der Lungengesunde. Normalwerte des %AV fand Bjarke (25) auch bei Erwachsenen mit Fallot'scher Tetralogie.

Das %AV sagt allein noch nicht viel über die Ökonomie und Leistungsfähigkeit der Atmung aus, da gleichsinnige Änderungen im Zähler und Nenner nicht miterfaßt werden. Betrachtet man den Wert des %AV in Relation zum geförderten AMV oder zur geleisteten Arbeit, so zeigen sich zwischen Lungengesunden und Lungenkranken jedoch erhebliche Unterschiede. So findet sich z.B. bei Bronchitikern bei gleichem %AV wie bei Normalpersonen ein wesentlich niedrigeres gefördertes AMV (Spiro 192). Auch erzielten Lungenkranke einen wesentlich geringeren AGW als Lungengesunde, obwohl er mit dem gleichen %AV geatmet wurde (Pasargiklian 166). Sportler leisten bei gleichem %AV mehr Arbeit als Nichtsportler und Übergewichtige (siehe Abb. 8 Seite 44).

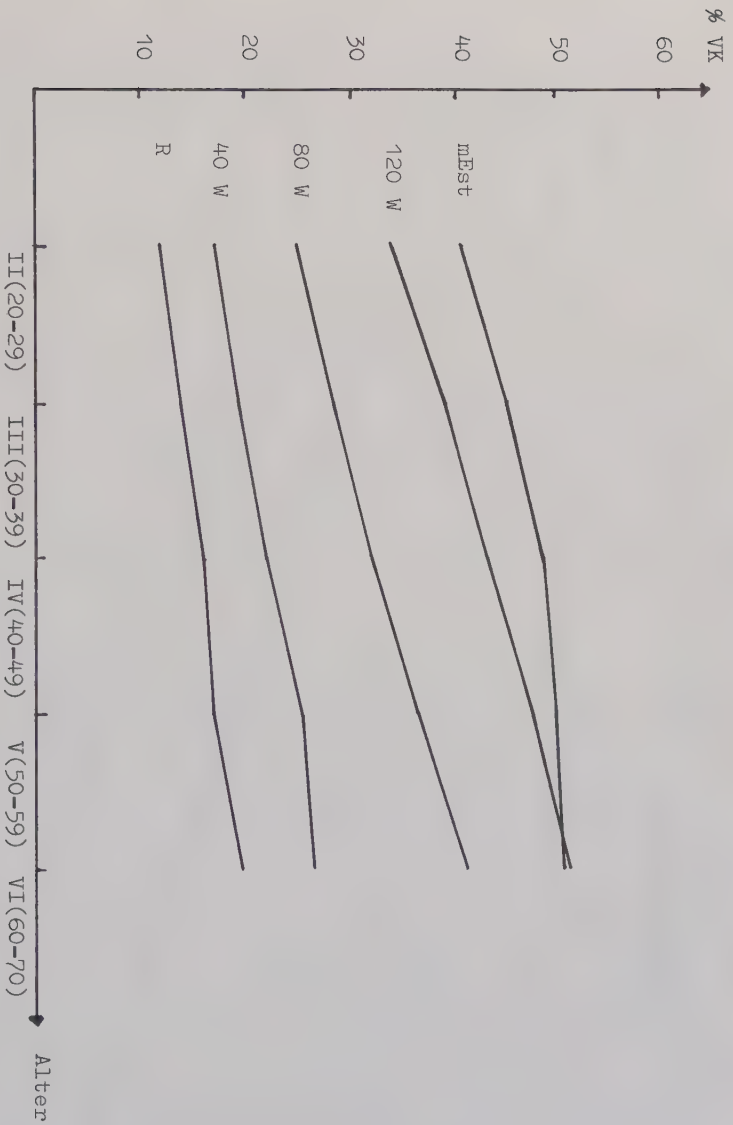
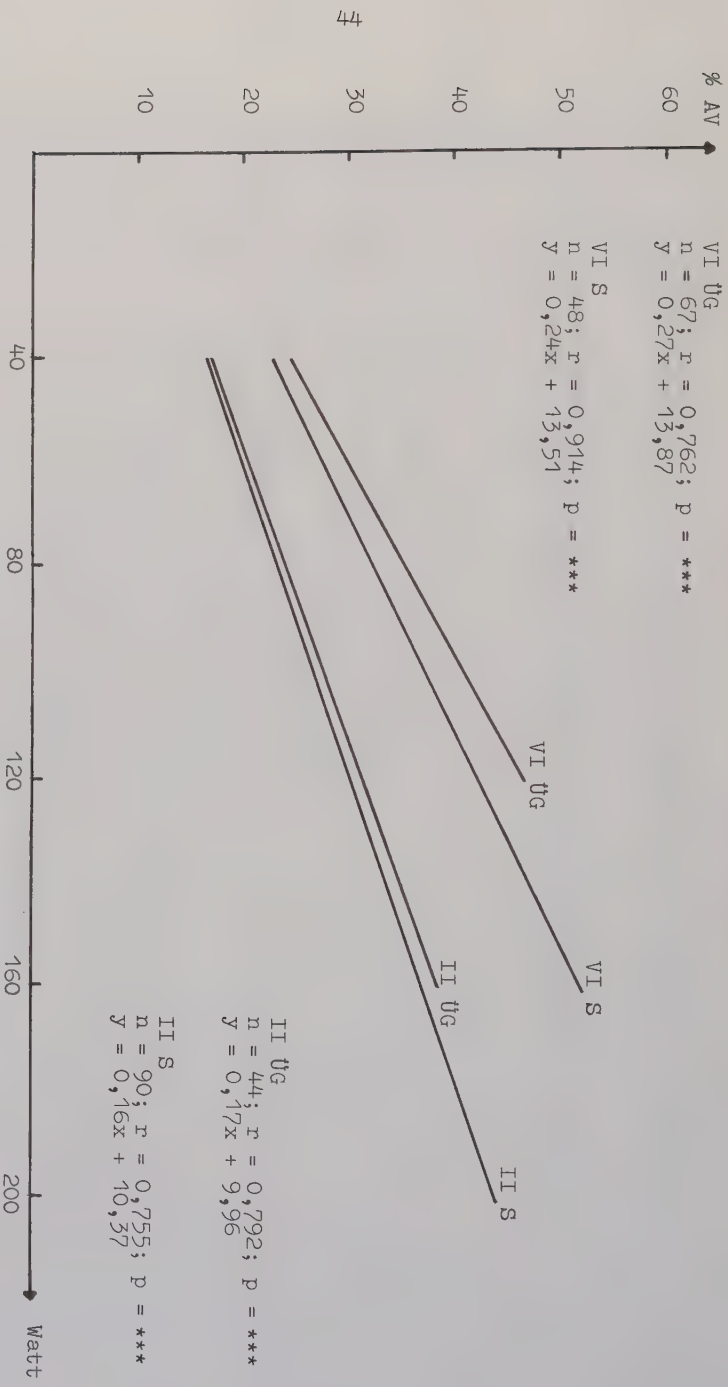


Abb.: 7

$\frac{\text{Atemvolumen} \times 100}{\text{Vitalkapazität}} = \text{prozentuales Atemzugvolumen in Abhängigkeit von Alter und Belastung}$



77

Abb.: 8

Beziehung zwischen prozentualtem Atemzugvolumen = $\frac{\text{Atemzugvolumen} \times 100}{\text{Vitalkapazität}}$ und Belastung (Watt) bei 20-30 und 60-70 jährigen, regelmäßig Sport treibenden (II S; VI S) normalgewichtigen und nicht Sport treibenden übergewichtigen (II üG; VI üG) Normotonikern

Nach Anthony (4) prägte Knipping den Begriff der Atemreserve und verstand darunter die Differenz von Atemgrenzwert und effektivem Ruhe-AMV. Sie besagt, welche Reserve an Ventilation über die Ruheatmung hinaus dem Patienten noch zur Verfügung steht. Nach Heine u.a. (75) sollte dagegen die Differenz vom AGW minus maximalem Arbeits-AMV als Lungenreserve bezeichnet werden.

Baldwin u.a. (12) und Matheson u.a. (139) drücken die Atemreserve in Prozent des AGW $\frac{AGW - AMV}{AGW} \times 100$ aus, wobei sie für das AMV sowohl das Ruhe-AMV als auch das AMV unter Belastung einsetzen. Wenn die Atemreserve einen Wert von 60 - 70 unterschreitet, soll "Dyspnoe" auftreten. Wir drücken die Atemreserve ebenfalls in Prozent des AGW aus und verstehen darunter den Ausdruck $\frac{AMV \times 100}{AGW}$, wobei wir für das AMV ebenfalls das Ruhe-AMV und das AMV unter Belastung einsetzen und diese Größe als prozentuales AMV (%AMV) bezeichnen.

Wright (1947), zitiert aus Anthony (4), gebrauchte den Ausdruck $\frac{AMV}{AGW} \times 100$ als Dyspnoeindex, wobei bei ihm ab 40 % Dyspnoe auftritt und bei 50 % massiv wird.

Alexander (3) hält den Begriff der Atemreserve, wie ihn Knipping versteht, für fragwürdig, da beim Ruhe-AMV psychische Einflüsse eine große Rolle spielen. Er schlägt deshalb vor, aus dem AMV unter Belastung für die Atemreserve Schlüsse zu ziehen.

Nach Heine u.a. (75) ist es ein Merkmal gesunder Versuchspersonen, daß ihr maximales Arbeits-AMV die Höhe des AGW nicht erreicht, wobei die Differenz zwischen AGW und maximalem Arbeits-AMV durchschnittlich 40 % ausmacht. Hermannsen, zitiert aus Heine (75), gibt an, daß diese "Lungenreserve" beim ventilatorisch voll Leistungsfähigen wenigstens 20 Liter betragen soll.

Nach Landen (123) muß auch bei schwerster Arbeit als Atemreserve noch das dreifache der Ruheatmung erhalten bleiben, um eine respiratorische Arbeitsinsuffizienz aufzuhalten.

Den Einfluß des Alters auf das %AMV zeigen Abb. 9 Seite 51 und Abb. 10 Seite 52. Bei den Normalgewichtigen, nicht Sport treibenden, kommt es zu einer Zunahme des %AMV in Ruhe von ca. 7 % bei den 20 jährigen auf 11 % bei den 70 jährigen. Bei den Sportlern von 5 % auf 8 % und bei den Übergewichtigen von 8 % auf 12 %. Es zeigt sich also bereits in Körperruhe eine signifikante Abnahme der Atemreserve.

Im submaximalen Bereich kommt es ebenfalls zu einer hochsignifikanten Zunahme des %AMV um ca. 60 % des Wertes von den 20 zu den 70 jährigen in allen 3 Kollektiven.

Diese Abnahme der Atemreserve mit dem Alter in Ruhe und bei submaximaler Belastung kommt sowohl durch eine Abnahme des AGW als auch durch eine Zunahme des Ruhe- und Arbeits-AMV mit dem Alter zustande. Bei maximaler Ergostase zeigt sich mit Ausnahme der 20 - 30 jährigen nicht Sport treibenden Normal- und Übergewichtigen kein wesentlicher Unterschied mehr in der prozentualen Ausschöpfung der Atemreserve. Sie wird bei den Normalgewichtigen, nicht Sport treibenden, mit durchschnittlich ca. 52 %, bei den Übergewichtigen mit ca. 56 % und bei den regelmäßig Sport treibenden mit ca. 58 % ausgeschöpft. Der Abnahme des AGW läuft in etwa die Abnahme des maximalen Arbeits-AMV parallel. Der Wert von 60 % des AGW wird von keinem Kollektiv in irgendeiner Altersdekade wesentlich überschritten. Es zeigen also sowohl normalgewichtige, nicht und regelmäßig Sport treibende und übergewichtige Lungengesunde eine "Lungenreserve" von 40 % des jeweiligen AGW, die praktisch nicht ausgenutzt werden kann. Wie unterschiedlich groß der absolute Wert von 40 % des AGW jedoch sein kann, sei an einem Beispiel demonstriert: Bei den 20 - 30 jährigen Sportlern bedeutet dies durchschnittlich eine Lungenreserve von 58 Litern, bei den 60 - 70 jährigen Übergewichtigen von 35 Litern. Eine Erklärung dafür, daß das AMV 60 % des AGW nicht wesentlich überschreitet, dürfte in den Untersuchungen von Otis (164) über die Atemarbeit sein. Er zeigte, daß ab einem gewissen Punkt eine weitere Ventilationssteigerung uneffektiv

ist zur weiteren Bereitstellung von Sauerstoff für den Körper, da der Sauerstoffbedarf für die Atmung so groß wird, daß der zusätzlich aufgenommene Sauerstoff durch die Atemmuskulatur aufgebraucht wird. Nach Tenney u.a. (200) entwickelt der Atemapparat bei einem AMV von ca. 55 % des AGW, was in etwa der maximalen Ventilation bei steady-state-Belastung entspricht, seine größte Effizienz. Auch die Ermüdung der Atemmuskulatur wird als begrenzender Faktor diskutiert (Clark u.a. 36, Freedmann 52, Zocche u.a. 215). Shepard (190) gibt das subjektive Unbehagen einer unproportionalen Atemanstrengung als wesentlichen Grund für eine begrenzte Ventilationsleistung an.

Einen deutlichen Einfluß von Übergewichtigkeit und körperlichem Trainingszustand kann man ebenfalls beim %AMV feststellen (siehe Abb. 10 Seite 52 und Abb. 11 Seite 53). Übergewichtige zeigen in jeder Altersdekade in Körperruhe und bei submaximaler Belastung das größte %AMV. Ferner zeigen z.B. die Sportler bei gleichem %AMV ein größeres gefördertes AMV (siehe Abb. 12 Seite 53) oder eine größere Arbeitsleistung (siehe Abb. 10 Seite 52). Übergewichtige zeigen ein besonders ungünstiges Verhältnis von AMV und AGW, da der AGW bei ihnen prozentual stärker mit dem Alter abnimmt und zugleich das AMV in Ruhe und bei gleicher Belastung wesentlich höher liegt. Bei maximaler Ergostase zeigt sich jedoch beim %AMV zwischen Übergewichtigen und Sportlern kein wesentlicher Unterschied mehr, da bei den Sportlern einem höheren maximalen AMV ein größerer AGW und bei den Übergewichtigen einem geringeren maximalen AMV ein kleinerer AGW einhergeht.

Die Beziehung zwischen dem %AMV und %AV bei Sportlern und Übergewichtigen zeigt Abb. 13 Seite 54. Es findet sich eine lineare Beziehung zwischen den zwei Parametern für beide Kollektive. Es zeigt sich deutlich, daß die Sportler ein wesentlich ökonomischeres Verhältnis von Atemtiefe und Ausschöpfung der Atemreserve besitzen.

Interessant ist auch das Verhalten des %AMV bei Lungenerkrankten. Nach Anthony (4), Spiro u.a. (192), Ogilvie u.a. (162),

Marx u.a. (138) und Jones u.a. (102) kann bei Lungenkranken (Pat. mit chronischer Atemwegsobstruction, Emphysematikern) das maximale Arbeits-AMV und der AGW zusammenfallen oder ihn sogar übertreffen (Clark 36), wofür nach Anthony (4) eine Bronchodilatation infolge Arbeitsazidose oder vermehrte Adrenalinausschüttung unter Belastung verantwortlich ist. Je nach Schwere der Ventilationsstörung tritt dies auf einer niedrigeren Belastungsstufe ein, im Extremfall bereits in Körperruhe, was ein völliges Verschwinden sowohl der Lungen- als auch der Atemreserve (n. Knipping) bedeutet.

Da beim %AMV gleichsinnige Änderungen von Zähler und Nenner nicht miterfaßt werden, ist es wie beim %AV notwendig, diese Größe in Relation zur jeweiligen Ventilation oder Belastungsstufe zu sehen (siehe Abb. 10 Seite 52 und Abb. 11 Seite 53). So zeigte bei Zocche (215) das maximale Ventilationsvolumen, das lungengesunde jüngere Personen und ältere Patienten mit chron. Lungenemphysem über 15 Minuten aufrecht erhalten konnten, mit 53 % bzw. 59 % des AGW einen ähnlichen Wert, wobei die Relation AGW/max. AMV bei ersteren 169/91, bei letzteren jedoch 29/17 betrug. Einem erniedrigtem AGW ging ein erniedrigtes maximales Ventilationsvolumen parallel.

Das Atemäquivalent (AÄ) ist ein wichtiger Maßstab für die Atemökonomie und die kardiopulmonale Leistungsbreite. Es zeigt sowohl eine Abhängigkeit vom Alter und dem körperlichen Trainingszustand. Über den Einfluß der Übergewichtigkeit auf das AÄ gehen die Meinungen auseinander:

Isenschmid (99) fand das Ruhe-AÄ bei Übergewichtigen mit 2,68 im Bereich der Norm, Krackhard (117) dagegen das Ruhe-AÄ erhöht. Turell u.a. (202) erzielten in Ruhe und während Belastung ein gleich großes AÄ bei Normal- und Übergewichtigen. Nach Schwalb u.a. (148) ist der Ventilationsaufwand für eine vergleichbare Sauerstoffaufnahme bei Übergewichtigen im Durchschnitt nicht größer als bei Normalgewichtigen.

Auch in diesem Untersuchungsgut läßt sich das AÄ der Übergewichtigen sowohl in Körperruhe, bei submaximaler Belastung als auch bei maximaler Ergostase nicht signifikant von den Normalgewichtigen, nicht Sport treibenden, unterscheiden. Der Unterschied zu den regelmäßig Sport treibenden Normalgewichtigen ist jedoch in Körperruhe und submaximaler Belastung in jeder Altersstufe zum Teil hochsignifikant. Eine mäßige Übergewichtigkeit zeigt also bei dieser ortsgebundenen Arbeitsform keinen wesentlichen negativen Einfluß auf das AÄ.

Das AÄ in Ruhe zeigt eine große Streubreite und ist deshalb wenig aussagekräftig. Entsprechend stark differieren auch die Werte für das Ruhe-AÄ bei den verschiedenen Autoren:

Joos u.a. (103) geben einen Wert von 2,5 - 3,1 an, Ulmer (203) ebenfalls von 2,8 $\pm$ 0,3, Rossier u.a. (174) von 2,4 $\pm$ 0,6, Landen ebenfalls von 1,8 - 3,0, Hemingway (76) von 2,58 - 3,22 bei 20 - 70 jährigen, Kirchhoff u.a. (108) von 1,6 - 3,5.

Während Belastung erfolgt eine deutliche Einengung der Streubreite des AÄ. Der Quotientenwert ist nach Hollmann u.a. (90) bei Arbeitsanstieg abhängig von Arbeitsintensität, Arbeitsform, Größe der beanspruchten Muskelmasse, Trainingszustand und Alter. Nach Rossier u.a. (174) hängt der Wert auch maßgeblich vom Verhältnis zwischen alveolärer und Totraumventilation ab.

In Körperruhe und vermehrt bei steigender Belastung im submaximalen Bereich läßt sich eine hochsignifikante Abhängigkeit von Alter und Trainingszustand nachweisen. Zum selben Ergebnis kamen auch Joos u.a. (103), Hemingway (76), Hollmann u.a. (73), Kirchhoff u.a. (108), Aepli (1), Mellerowicz (145). Mit dem Alter zeigt sich eine Verschlechterung der Atemökonomie in allen 3 Kollektiven, also auch bei den Sportlern. Die Sportler zeigen jedoch bei vergleichbaren submaximalen Leistungsstufen in jeder Altersdekade einen geringeren Wert als die Nichtsportler und Übergewichtigen. Der Anstieg des AÄ erfolgt bei ihnen wesentlich

flacher und der Maximalwert wird auf einer höheren Belastungsstufe erreicht.

Bei einem $\ddot{A}$ über 3 ist nach Mellerowicz (145) und Hollmann u.a. (73) der Grenzbereich der Leistungsfähigkeit erreicht. Dieser Wert wird mit einer Ausnahme in jedem Kollektiv von jeder Altersgruppe überschritten. Wie unterschiedlich jedoch bei maximaler Ergostase bei gleichem $\ddot{A}$ das maximale AMV und die maximale Sauerstoffaufnahme sind, zeigen z.B. die 50 - 60 jährigen Sportler, die bei einem gleichen $\ddot{A}$ von 3,4 77 Liter ventilieren können, gegenüber den gleichaltrigen Übergewichtigen mit 56 Litern, also 21 Liter mehr, ohne ein schlechteres Sauerstoffaufnahmevermögen zu zeigen. Auch wurde dieses gleiche $\ddot{A}$ der Sportler auf einer höheren Belastungsstufe erreicht.

Das $\ddot{A}$ vermag aber nichts darüber auszusagen, ob die Atmung ökonomisch ist in Bezug auf Atemtiefe und Atemfrequenz, wie z.B. das %AV.

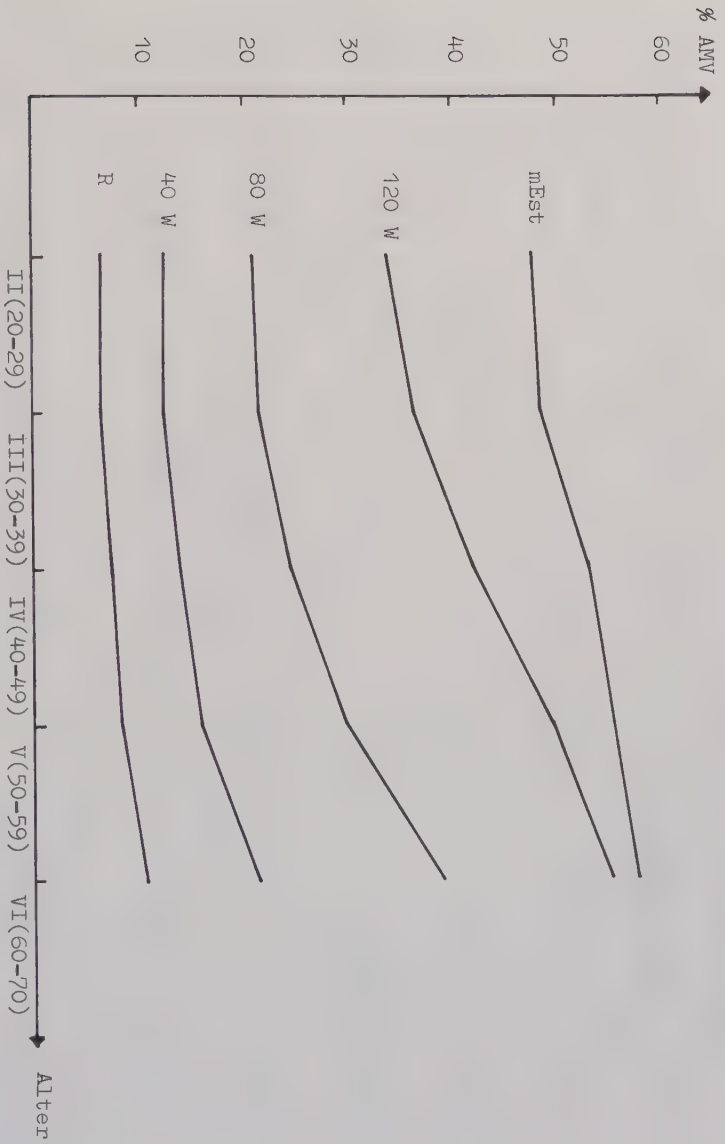


Abb.: 9

$$\frac{\text{Atemminutenvolumen} \times 100}{\text{Atemgrenzwert}} = \text{prozentuales Atemminutenvolumen in Abhängigkeit von}$$
 Alter und Belastung

VI $\dot{V}_G$
 $n = 67$; $r = 0,766$; $p = ***$
 $y = 0,42x + 5,93$

VI S
 $n = 48$; $r = 0,830$; $p = ***$
 $y = 0,37x - 0,84$

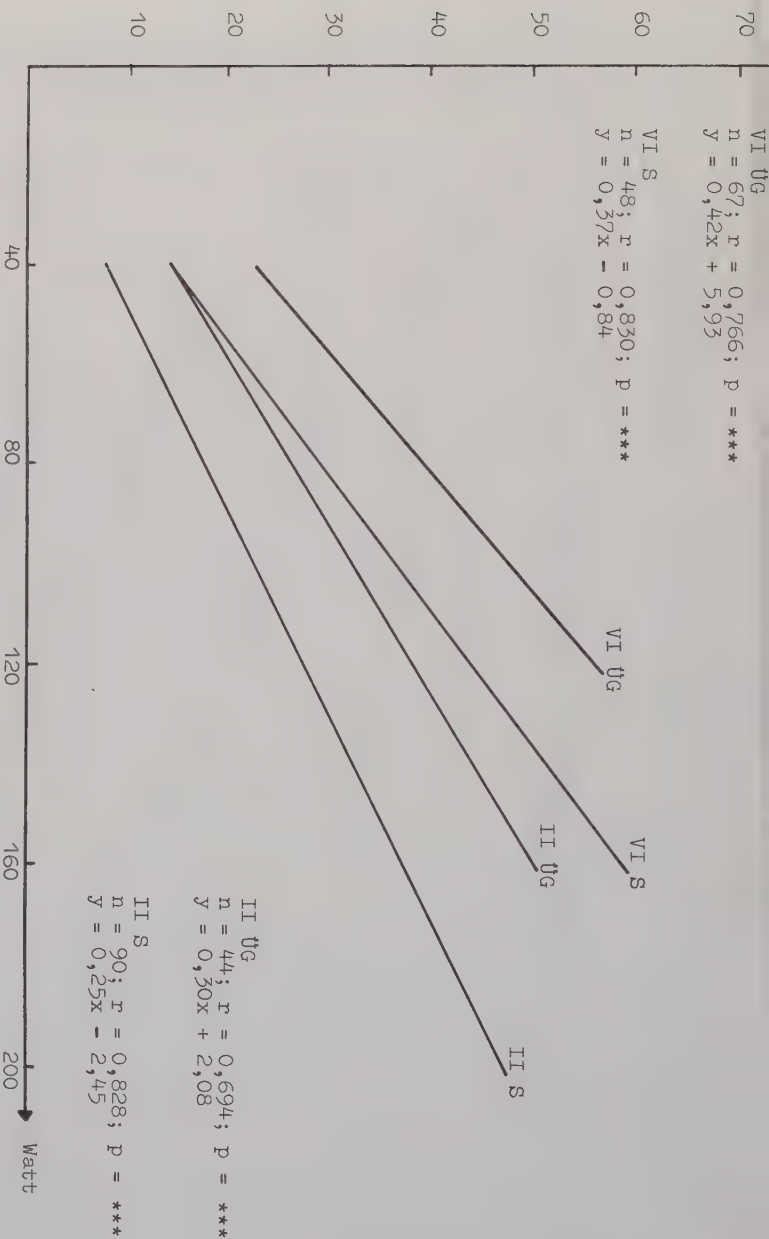


Abb.: 10

Beziehung zwischen prozentualen Minutenvolumen = $\frac{\text{Atemminutenvolumen} \times 100}{\text{Atemgrenzwert}}$ und Belastung (Watt) bei 20-30 und 60-70 jährigen, regelmäßig Sport treibenden (II S; VI S) normalgewichtigen und nicht Sport treibenden übergewichtigen (II $\dot{V}_G$; VI $\dot{V}_G$) Normotoni kern

Atemminutenvolumen (Liter)

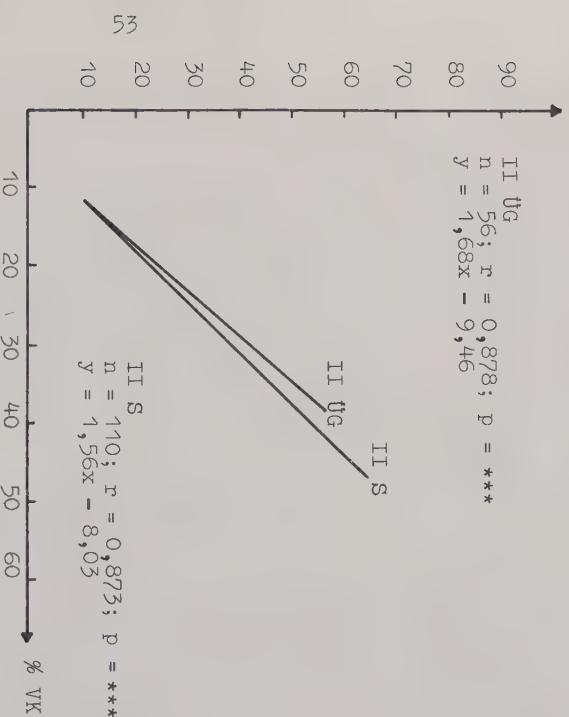


Abb.: 11

Beziehung zwischen prozentualen Atemzugvolumen = $\frac{\text{Atemzugvolumen} \times 100}{\text{Vitalkapazität}}$ und Atemminutenvolumen bei 20-30 jährigen normalgewichtigen, regelmäßig Sport treibenden (II S) und übergewichtigen, nicht Sport treibenden (II tG) Normotonikern

Atemminutenvolumen (Liter)

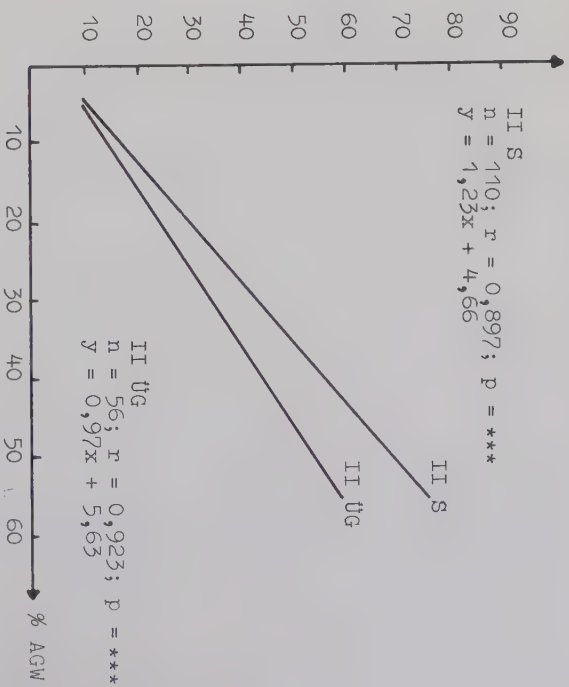


Abb.: 12

Beziehung zwischen prozentualen Atemminutenvolumen = $\frac{\text{Atemminutenvolumen} \times 100}{\text{Atemgrenzwert}}$ bei 20-30 jährigen normalgewichtigen, regelmäßig Sport treibenden (II S) und übergewichtigen, nicht Sport treibenden (II tG) Normotonikern

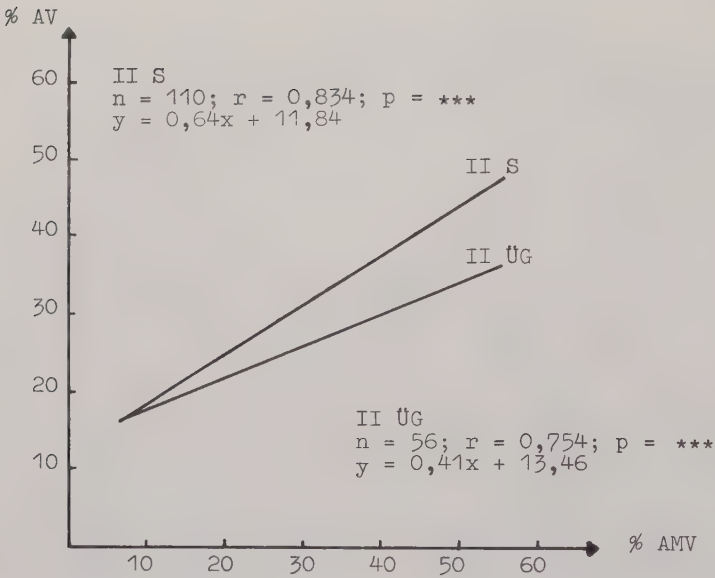


Abb.: 13

Beziehung zwischen prozentualem Atemminutenvolumen

= $\frac{\text{Atemminutenvolumen} \times 100}{\text{Atemgrenzwert}}$ und prozentualem Atemzugvolumen

= $\frac{\text{Atemzugvolumen} \times 100}{\text{Vitalkapazität}}$ bei 20-30 jährigen normalgewichtigen, regelmäßig Sport treibenden (II S) und übergewichtigen, nicht Sport treibenden (II ÜG) Normotonikern

E. Zusammenfassung und Schlußfolgerung

Bei 750 20 - 70 jährigen Normotonikern wurden spiroergometrische Untersuchungen über die Leistungsfähigkeit des Herz-Kreislaufsystems und der Lungenfunktion durchgeführt. Um den Einfluß des Alterns, der Übergewichtigkeit und der körperlichen Aktivität auf die Meßgrößen zu zeigen, wurden 3 Kollektive, eingeteilt nach Dekaden, gebildet:

1. normalgewichtige, nicht oder unregelmäßig Sport treibende (n = 442)
2. übergewichtige, nicht oder unregelmäßig Sport treibende (n = 172)
3. normalgewichtige, regelmäßig Sport treibende Normotoniker (n = 136).

Die Arbeitsbelastungen und die Bestimmung der VK und des AGW erfolgten in liegender Position. Die Belastungsstufen von je 6 min Dauer wurden jeweils um 40 Watt bis zur maximalen Ergostase gesteigert. Im einzelnen wurden folgende Größen bestimmt: Die Körperlänge, das absolute und relative Körpergewicht (nach dem Broca-Index), die Körperoberfläche (nach Du Bois), das diastolische Herzvolumen (mittels Röntgenkymographie), die Herzfrequenz (aus dem EKG berechnet), die Sauerstoffaufnahme, der Sauerstoffpuls, der Sauerstoffpuls pro Körpergewicht, der Herzvolumenleistungsquotient, das Atemvolumen, die Atemfrequenz, das Atemminutenvolumen und das Atemäquivalent. Ferner wurden die Relationen

$$\frac{\text{Atemvolumen} \times 100}{\text{Vitalkapazität}} \quad \text{und} \quad \frac{\text{Atemminutenvolumen} \times 100}{\text{Atemgrenzwert}}$$

für die einzelnen Belastungsstufen berechnet. Als statische Lungenfunktionsgröße wurde die Vitalkapazität und als dynamische der Atemgrenzwert bestimmt.

Das Leistungsvermögen steht in einer engen Beziehung zum Alter, zur körperlichen Aktivität und zum Übergewicht. Die regelmäßig Sport treibenden zeigen sich sowohl in der Ökonomie des Herz-Kreislaufsystems als auch in der Lungenfunktion in jeder Altersdekade deutlich überlegen. Dies zeigte sich

besonders durch einen höheren Sauerstoffpuls, auch bezogen auf das Körpergewicht, einem günstigeren Herzvolumenleistungsquotienten, einer Erniedrigung der Pulsfrequenz im submaximalen Bereich, einer größeren maximalen Sauerstoffaufnahme, einem niedrigeren Atemäquivalent und AMV im submaximalen Bereich, einem größeren maximalen AMV und Atemzugvolumen, einer größeren VK und einem größeren AGW. Ferner haben sie gegenüber den Übergewichtigen eine günstigere Relation von Pulsfrequenz, O_2 -Aufnahme, O_2 -Puls zum Atemzugvolumen unter Belastung. Auch vermögen sie ihre Vitalkapazität am stärksten auszuschöpfen und besitzen eine größere Atemreserve.

Nach Eiselt (43) wird die Leistungsfähigkeit alter Menschen, wenn keine klinisch nachweisbaren Änderungen des kardiovaskulären Apparates vorliegen, überwiegend durch die geringe Kapazität des Respirationsapparates begrenzt. Auch Lang (125) betont, daß die VK als wichtige Meßgröße die maximale Gesamtleistungsfähigkeit entscheidend beeinflußt und beim sehr alten Menschen fast immer den leistungslimitierenden Faktor darstellt.

Da bei den Lungengesunden mit dem maximalen Arbeits-AMV nur ca. 60 % der ventilatorischen Kapazität ausgeschöpft werden können, wobei als optimales maximales Atemzugvolumen ein Wert von ca. 50 % der VK anzustreben ist, ist es von großer Wichtigkeit, sich durch körperliche Aktivität bereits in der Jugend eine große VK und Atemreserve anzulegen und zu erhalten, da diese Funktionsgrößen eine deutliche Beziehung zur Leistungsfähigkeit in jeder Altersdekade zeigen. Auch lassen sich durch sportliche Betätigung die Abnahme dieser Parameter mit dem Alter entscheidend verzögern. Eine vergrößerte Atem- und Lungenreserve kann dann von lebenswichtiger Bedeutung sein, wenn es zu einer durch Erkrankung bedingten Einschränkung der Atemreserve kommt und dann eine respiratorische Insuffizienz verhindern kann.

Zusammengefaßt vermittelt die Ausschöpfung der Atemreserven auf einer gegebenen Belastungsstufe einen guten Einblick in die körperliche Leistungsfähigkeit. Je größer die VK, desto

ökonomischer kann geatmet werden und je größer der AGW, desto größer ist durchschnittlich auch das maximal erreichbare Arbeits-AMV und damit auch die Belastbarkeit. Körperlich Untrainierte schöpfen gegenüber Trainierten bereits bei einer vergleichsweise niedrigeren Belastungsstufe ihren praktisch nutzbaren Anteil der Atemreserven maximal aus. Übergewichtigkeit stellt einen zusätzlichen leistungsbegrenzenden Faktor besonders durch eine wesentliche Verschlechterung der Atemökonomie dar.

F. Literaturverzeichnis

1. Aepli, R.: Les échanges respiratoires de l'homme âgé de plus de 40 ans. *Helv. med. Acta* 26, 49 (1959)
2. Albrecht, H., H. Valentin, H. Venrath: Über die Atmung und das Herzminutenvolumen bei Arbeit und Sport, sowie die Herzleistung. *Zschr. ges. exper. Med.* 122, 356 (1953)
3. Alexander, R.S.: THE USE OF BASAL RESPIRATORY MINUTE VOLUME AS AN INDEX OF IMPAIRED PULMONARY FUNCTION. *Amer. Rev. Tbc.* 65, 505 (1952)
4. Anthony-Venrath: Funktionsprüfung der Atmung. 2. Auflage J.A. Barth-Verlag Leipzig (1962)
5. Asmussen, E., M. Nielsen: Studies on the Regulation of Respiration in Heavy Work. *Acta physiol. Scand.* 12, 171 (1946)
6. Asmussen, E., M. Nielsen: Pulmonary Ventilation and Effect of Oxygen Breathing in Heavy Exercise. *Acta physiol. Scand.* 43, 365 (1958)
7. Astrand, P.O.: EXPERIMENTAL STUDIES OF PHYSICAL WORKING CAPACITY IN RELATION TO SEX AND AGE. *EJNAR MUNKSGAARD - COPENHAGEN* (1952)
8. Astrand, P.O.: Human Physical Fitness With Special Reference to Sex and Age. *Physiol. Rev.* 36, 307 (1956)
9. Attinger, E.O., M.S. Segal: MECHANICS OF BREATHING. *Am. Rev. Resp. Dis.* 80, 38 (1959)
10. Attinger, E.O., R.G. Monroe, M.S. Segal: THE MECHANICS OF BREATHING IN DIFFERENT BODY POSITIONS I. IN NORMAL SUBJECTS. *J. Clin. Invest.* 35, 904 (1956)
11. Attinger, E.O., J.A. Herschfus, M.S. Segal: THE MECHANICS OF BREATHING IN DIFFERENT BODY POSITIONS II. IN CARDIO-PULMONARY DISEASE. *J. Clin. Invest.* 35, 912 (1956)
12. Baldwin, E.F., A. Cournand, D.W. Richards, J.R.: PULMONARY INSUFFICIENCY, I. Physiological Classification, Clinical Methods of Analysis, Standard Values in Normal Subjects. *Medicine* 27, 243 (1948)
13. Baldwin, E., A. Cournand and D.W. Richards, J.R.: PULMONARY INSUFFICIENCY, II. A Study of Thirty-Nine Cases of Pulmonary Fibrosis. *Medicine* 28, 1 (1949)
14. Balke, B.: Optimale körperliche Leistungsfähigkeit, ihre Messung und Veränderung infolge Arbeitsermüdung. *Arbeitsphysiologie* 15, 311 (1954)
15. Barrera, F., M.M. Reidenberg, W.L. Winters: PULMONARY FUNCTION IN THE OBESE PATIENT. *Amer. J. Med. Sci.* 254, 785 (1967)

16. Baß, E.: Über die funktionelle Bedeutung der respiratorischen Mittellage für die Lungenlüftung. Dtsch. med. Wschr. 729 (1928)
17. Bedell, G.N., W.R. Wilson, P.M. Seebohm: PULMONARY FUNCTION IN OBESE PERSONS. J. Clin. Invest. 37, 1049 (1958)
18. Bengtsson, E.: The Working Capacity in Normal Children, Evaluated by Submaximal Exercise on the Bicycle Ergometer and Compared with Adults. Acta Med. Scand. 154, 91 (1956)
19. Benner, H., H. Fabel und J. Hamm: Zur Frage der Sollwerte für die maximale Ventilation (Atemgrenzwert). Dtsch. Arch. klin. Med. 207, 420 (1961)
20. Berglund, E., G. Birath, J. Bjure, G. Grimby, I. Kjellmer, L. Sandqvist and B. Söderholm: Spirometric Studies in Normal Subjects I. Forced Expirograms in Subjects Between 7 and 70 Years of Age. Acta Med. Scand. 173, 185 (1963)
21. Bergmann von, G., W. Frey, H. Schwiegk: Handbuch der Inneren Medizin, Vierter Band: Erkrankungen der Atmungsorgane 1. Teil. Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg (1956)
22. Bernstein, L., J.L. D'Silva and D. Mendel: THE EFFECT OF THE RATE OF BREATHING ON THE MAXIMUM BREATHING CAPACITY DETERMINED WITH A NEW SPIROMETER. Thorax 7, 255 (1952)
23. Bernstein, L., G. Kazantzis: THE RELATION BETWEEN THE FAST VITAL CAPACITY CURVES AND THE MAXIMUM BREATHING CAPACITY. Thorax 9, 326 (1954)
24. Birath, G., I. Kjellmer, L. Sandqvist: Spirometric Studies in Normal Subjects II. Ventilatory Capacity Tests in Adults. Acta Med. Scand. 173, 193 (1963)
25. Bjarke, B.: Spirometric Data, Pulmonary Ventilation and Gas Exchange at Rest and during Exercise in Adult Patients with Tetralogy of Fallot. Scand. J. resp. Dis. 55, 47 (1974)
26. Borgard, W., G. Matthiessen, G. Zaeper: Einwirkungen des Trainings auf Atmung und Kreislauf. Klin. Wschr. 16, 385 (1937)
27. Börngen, U.: Normalwerte der ventilatorischen Atemarbeit. Respiration 33, 22 (1976)
28. Börngen, U.: Ventilatorische Atemarbeit und bekannte Lungenfunktionsgrößen bei Normalpersonen. Prax. Pneumol. 29, 315 (1975)
29. Bücherl, E.: Vergleichende spirometrische Untersuchungen zur Beurteilung der Lungenfunktion für klinische Belange. Thoraxchirurgie 3, 211 (1955)
30. Bühlmann, A.: Theoretische Normalwerte für Lungenvolumen und Ventilationsvolumen. Verh. Dtsch. Ges. inn. Med. 62, 130 (1956)

31. Bühlmann, A., M. Scherrer: Neue Normalwerte für die Vital- und Totalkapazität der Lungen. Schweiz. med. Wschr. 103, 660 (1973)
32. Burwell, C.S., E.D. Robin, R.D. Whaley, A.G. Bickelmann: Extreme obesity associated with alveolar hypoventilation - a Pickwickiansyndrome. Amer. J. Med. 21, 811 (1956)
33. Buskirk, E., H.L. Taylor, E. Simonson: Relationships between Obesity and the Pulse Rate at Rest and During Work in Young and Older Men. Internat. Zschr. angew. Physiol. 16, 83 (1955)
34. Čermák, J.: Kriterien der Leistungsfähigkeit des kardiopulmonalen Systems, Sonderdruck aus "Das chronisch kranke Herz". F.K. Schattauer Verlag Stuttgart - New-York (1973)
35. Christensen, E.H.: Der Stoffwechsel und die respiratorischen Funktionen bei schwerer körperlicher Arbeit. Arbeitsphysiologie 5, 463 (1932)
36. Clark, T.J.H., S. Freedman, E.J.M. Campbell, R.R. Winn: THE VENTILATORY CAPACITY OF PATIENTS WITH CHRONIC AIRWAYS OBSTRUCTION. Clin. Sci. 36, 307 (1969)
37. Cullen, J.H., P.F. Formel: The Respiratory Defects in Extreme Obesity. Am. J. Med. 32, 525 (1962)
38. Devaux, D., R. Wagner, M. Germain, G. Chardon: ÉTUDE EN RÉGIME STABLE DE LA FONCTION PULMONAIRE RÉGIONALE PAR LE XENON 133. Rev. franç. Mal. Resp., Suppl. 1 au Tome 3, 59 (1975)
39. Dr. Karl Thomae GmbH, Biberach an der Riss: Lungenfunktionsprüfungen (1966)
40. Dressler, F., H. Mellerowicz: Atmung und Kreislauf gesunder Schulkinder bei einer submaximalen ergometrischen Leistung von 1 Watt/1 kg Körpergewicht. Zschr. Kinderheilkunde 85, 31 (1961)
41. Dutu, St., Z. Jienescu: INTÉRÊT DE LA MESURE DES DÉBITS DE POINTE (PEFR, $\dot{V}_{mx50}$) LORS DES ENQUÊTES ÉPIDÉMIOLGIQUES CONCERNANT LA BRONCHITE CHRONIQUE. Les Bronches 25, 148 (1975)
42. Eiselt, E.: Arbeitsleistungen, Kalorienverbrauch und Effektivität der Arbeit im Alter. Zschr. Alternsforsch. 21, 233 (1968)
43. Eiselt, E., Bosak: Die Beziehung des Herzvolumens und des Herzleistungs-Quotienten zur Laborarbeit alter männlicher Personen mit unterschiedlichem Körperkultur-Lebensregime. Sportarzt und Sportmedizin Heft 9, 227 (1972)

44. Ekblom, B.: Effect of physical training in adolescent boys. *J. Appl. Physiol.* 27, 350 (1969)
45. Ericsson, P., L. Irnell: SPIROMETRIC STUDIES OF VENTILATORY CAPACITY IN ELDERLY PEOPLE. *Acta Med. Scand.* 185, 179 (1969)
46. Ericsson, P., L. Irnell: PHYSICAL WORK CAPACITY AND STATIC LUNG VOLUMES IN ELDERLY PEOPLE. *Acta Med. Scand.* 185, 185 (1969)
47. Ericsson, P., L. Irnell: EFFECT OF FIVE YEARS' AGEING ON VENTILATORY CAPACITY AND PHYSICAL WORK CAPACITY IN ELDERLY PEOPLE. *Acta Med. Scand.* 185, 193 (1969)
48. Fabel, H., J. Hamm: Lungenfunktion und Fettsucht: Untersuchungen zum Pickwick-Syndrom. *Verh. Dtsch. Ges. inn. Med.* 71, 467 (1965)
49. Ferris, B.G., J.R., J.L. Whittenberger, J.R. Gallagher: MAXIMUM BREATHING CAPACITY AND VITAL CAPACITY OF MALE CHILDREN AND ADOLESCENTS. *Pediatrics* 9, 659 (1952)
50. Fowler, W.S.: LUNG FUNCTION STUDIES. IV. POSTURAL CHANGES IN RESPIRATORY DEAD SPACE AND FUNCTIONAL RESIDUAL CAPACITY. *J. Clin. Invest.* 29, 1437 (1950)
51. Frankfurther, W.: Über den Einfluß des Sports auf die Vitalkapazität. *Berliner klin. Wschr.* 47, 2101 (1909)
52. Freedman, S.: SUSTAINED MAXIMUM VOLUNTARY VENTILATION. *Resp. Physiol.* 8, 230 (1970)
53. Freedman, S.: Prolonged maximum voluntary ventilation. *J. Physiol.* 184, 42 (1966)
54. Friend, J.: THE EFFECT OF REPEATED TESTING ON THE MAXIMUM BREATHING CAPACITY IN NORMAL SUBJECTS. *Thorax* 10, 359 (1955)
55. Fritts, H.w.jr., J. Filler, A.P. Pishmann, A. Cournand: The efficiency of ventilation during voluntary hyperpnea: studies in normal subjects and in dyspneic patients with either chronic pulmonary emphysema or obesity. *J. Clin. Invest.* 3, 1339 (1959)
56. Fruhmann, G., W. Ziegler: Vergleich maximaler Atem- und Atemzeitvolumina (Vitalkapazität, Atemgrenzwert) mit errechneten Normwerten. *Zschr. klin. Med.* 157, 586 (1963)
57. Fry, D.L., R.E. Hyatt: Pulmonary mechanics-unified analysis of the relationships between pressure, volume and gas flow in the lungs of normal and diseased human subjects. *Amer. J. Med.* 29, 672 (1960)
58. Fry, D.L., R.V. Ebert, W.W. Stead, C.C. Brown: The Mechanics of Pulmonary Ventilation in Normal Subjects and in Patients with Emphysema. *Amer. J. Med.* 16, 80 (1954)

59. Gaensler, E.A.: AIR VELOCITY INDEX - A Numerical Expression of the Functionally Effective Portion of Ventilation. Amer. Rev. Tbc. 62, 17 (1950)
60. Gaensler, E.A.: ANALYSIS OF THE VENTILATORY DEFECT BY TIMED CAPACITY MEASUREMENTS. Amer. Rev. Tbc. 64, 256 (1951)
61. Gandevia, B. and P. Hugh-Jones: TERMINOLOGY FOR MEASUREMENTS OF VENTILATORY CAPACITY - A REPORT TO THE THORACIC SOCIETY. Thorax 12, 290 (1957)
62. Gauer, O.H. in Gauer-Kramer-Jung: Physiologie des Menschen, Band 3 Herz und Kreislauf. Urban- und Schwarzenberg-Verlag, München-Berlin-Wien (1972)
63. Gilbert, R., J.H. Sipple, J.H. Auchincloss, J.R.: Respiratory control and work of breathing in obese subjects. J. Appl. Physiol. 16, 21 (1961)
64. Gothe, H.D., J. Hamm, H. Kleinsorg: Die Wirkung erhöhter Atemwiderstände auf statische und dynamische Atemgrößen Gesunder verschiedenen Lebensalters. Zschr. ges. exper. Med. 129, 111 (1957)
65. Gray, J.S., D.R. Barnum, H.W. Matheson, S.N. Spies: VENTILATORY FUNCTION TESTS, I. VOLUNTARY VENTILATION CAPACITY. J. Clin. Invest. 29, 677 (1950)
66. Greifenstein, F.E., R.M. King, S.S. Latch, J.H. Comroe, J.R.: Pulmonary Function Studies in Healthy Men and Women 50 Years and Older. J. Appl. Physiol. 4, 641 (1952)
67. Grimby, G., B. Söderholm: Spirometric Studies in Normal Subjects III Static Lung Volumes and Maximum Voluntary Ventilation in Adults with a Note on Physical Fitness. Acta Med. Scand. 173, 199 (1963)
68. Hackney, J.D., M.G. Crane, C.C. Collier, S. Rokaw, D.E. Griggs: SYNDROME OF EXTREME OBESITY AND HYPOVENTILATION: STUDIES OF ETIOLOGY. Ann. Int. Med. 51, 541 (1959)
69. Hamm, J.: Messung der Lungenvolumina und Atemmechanik. Diagnostik 7, 115 (1974)
70. Hamm, J.: Beziehungen zwischen Vitalkapazität und dynamischen Atemgrößen. Münch. med. Wschr. 103, 609 (1961)
71. Hamm, J.: Spirometrie. Diagnostik 6, 384 (1973)
72. Hamm, J., H. Kleinsorg: Der Einfluß der Körperhaltung auf die Lungenvolumina Gesunder in verschiedenen Altersgruppen. Dtsch. Arch. klin. Med. 203, 234 (1956)
73. Hamre, L., H. Kjørstad: MAXIMUM BREATHING CAPACITY AND VITAL CAPACITY DETERMINED BY MEANS OF THE KROGH SPIROMETER. Scand. J. Clin. a. Lab. Invest. 7, 300 (1955)

74. Hedenstierna, G.: Ventilation, Gas Exchange and Breathing Mechanics during Respirator Treatment. Influence of Respiratory Frequency and Minute Volume. Scand. J. resp. Dis. 53, 10 (1972)
75. Heine, F., W. Benesch, C.W. Hertz: Untersuchungen zur Methodik der Atemgrenzwertbestimmung. Zschr. Tbk 102, 273 (1953)
76. Hemingway, A., Ph.D.D. Pocock, J.J. Short: VARIATIONS OF BASAL RESPIRATION WITH AGE. J. Chron. Dis. 3, 301 (1956)
77. Hermannsen, J.: Untersuchungen über die maximale Ventilationsgröße (Atemgrenzwert). Zschr. exper. Med. 90, 130 (1933)
78. Hertz, C.W.: Die Beurteilung der Lungenfunktion. Der Internist 1, 80 (1960)
79. Hertz, C.W.: Bewertung der wichtigsten Lungenfunktionsproben in Klinik und Praxis. Internist. Prax. 9, 53 (1969)
80. Hertz, C.W.: Ein gleitender Standard für den Atemgrenzwert. Dtsch. Arch. klin. Med. 205, 602 (1959)
81. Hey, E.N., B.B. Lloyd, D.J.C. Cunningham, M.G.M. Jukes and D.P.G. Bolton: EFFECTS OF VARIOUS RESPIRATORY STIMULI ON THE DEPTH AND FREQUENCY OF BREATHING IN MAN. Resp. Physiol. 1, 193 (1966)
82. Hhruby, J., J. Butler: Variability of routine pulmonary function tests. Thorax 30, 548 (1975)
83. Hickam, J.B., W.W. Pryor, E.B. Page, R.J. Atwell: RESPIRATORY REGULATION DURING EXERCISE IN UNCONDITIONED SUBJECTS. J. Clin. Invest. 30, 503 (1951)
84. Higgs, B.E., M. Clode, G.J.R. McHardy, N.L. Jones and E.J.M. Campbell: CHANGES IN VENTILATION, GAS EXCHANGE AND CIRCULATION DURING EXERCISE IN NORMAL SUBJECTS. Clin. Sci. 32, 329 (1967)
85. Holldack, K., W. Wörner, G. Fuchs: Der Einfluß des Fettgehaltes und des Übergewichtes auf die Vitalkapazität bei Adipösen. Ärztl. Wschr. 13, 16 (1958)
86. Hollmann, W.: Höchst- und Dauerleistungsfähigkeit des Sportlers in Wissenschaftliche Schriftenreihe des Deutschen Sportbundes, Band 5. Johann Ambrosius Barth München (1963)
87. Hollmann, W.: Zur Frage der Dauerleistungsfähigkeit. Fortschr. d. Med. 79, 439 (1961)
88. Hollmann, W.: Kriterien des kardialen Leistungsvermögens. Fortschr. d. Med. 79, 263 (1961)

89. Hollmann, W.: Lungenfunktion, Atmung und Stoffwechsel im Sport in Zentrale Themen der Sportmedizin. Springer-Verlag Berlin-Heidelberg- New-York
90. Hollmann, W., W. Barg, G. Weyer, H. Heck: Der Alterseinfluß auf spiroergometrische Meßgrößen im submaximalen Arbeitsbereich. Med. Welt 21, 1280 (1970)
91. Hollmann, W., H. Heck, B. Schmücker, A. Stolte, H. Liesen, M.D. Fotescu, D.N. Mathur: Vergleichende spiroergometrische Untersuchungen über den Effekt und die Aussagekraft von Laufband- und Fahrradergometerbelastungen. Sportarzt und Sportmedizin 22, 123 (1971)
92. Hollmann, W., H. Liesen: Der Trainingseinfluß auf die Leistungsfähigkeit von Herz, Kreislauf und Stoffwechsel im Alter. Münch. med. Wschr. 114, 1336 (1972)
93. Hollmann, W., H. Venrath, H. Valentin: Über das Verhalten von Ventilation und Stoffwechsel gesunder männlicher Personen verschiedenen Alters bei leichter und mittelschwerer Arbeit. Zschr. f. Alternsforschung 13, 60 (1959)
94. Hollmann, W., H. Venrath, H. Valentin: Atmung und Altern. Der Sportarzt 12, 310 (1961)
95. Hollmann, W., H. Venrath, H. Valentin, J. Balodimos, G. Giovannelli: Herzleistungsquotient und Wirkungsgrad sowie die Lungenvolumina bei Sportlern unter 35 Jahren. Sportmedizin 6, 342 (1955)
96. Horn, J., E. Schindowski: Zur Größe der normalen Vitalkapazität in verschiedenen Lebensaltern. Tuberkulosearzt 11, 36 (1957)
97. Hutchinson, D.C.S., C.E. Barter, N.A. Martelli: Errors in the measurement of vital capacity. Thorax 28, 584 (1973)
98. Hyatt, R.E.: THE INTERRELATIONSHIPS OF PRESSURE, FLOW, AND VOLUME DURING VARIOUS RESPIRATORY MANEUVERS IN NORMAL AND EMPHYSEMATOUS SUBJECTS. Resp. Physiol. 1, 193 (1966)
99. Isenschmid, H., A. Bühlmann, F. Schaub: Die Lungenfunktion bei Adipositas. Helvet. Med. Acta 2, 82 (1957)
100. Jacobsen, E., P. Dano, P. Skovsted: Respiratory Function Before and After Weight Loss Following Intestinal Shunt Operation for Obesity. Scand. J. Resp. Dis. 55, 332 (1974)
101. Jäger: Sollwerte der Ventilation. Zschr. Tbk. 125, 345 (1966)
102. Jones, N.L., G. Jones and R.H.T. Edwards: Exercise Tolerance in Chronic Airway Obstruction. Amer. Rev. Resp. Dis. 103, 477 (1971)

103. Joos, H., P.H. Rossier, A. Bühlmann: Die Lungenfunktion im Alter. Schweiz. Med. Wschr. 26, 806 (1957)
104. Joss, E.: Spiroergometrie bei Gesunden. Helv. Med. Acta 1, 24 (1959)
105. Kaltenbach, M., G. Kober: Relation der körperlichen Leistungsfähigkeit zu Körpergewicht und -oberfläche. Verh. Dtsch. Ges. inn. Med. 70, 183 (1964)
106. Kaufmann, B.J. M.H. Ferguson, R.M. Cherniack: HYPOVENTILATION IN OBESITY. J. Clin. Invest. 38, 500 (1959)
107. Keller, R., J. Mahlich: Möglichkeiten und Grenzen moderner Lungenfunktionsprüfungen mit konventionellen Methoden. Bull. schweiz. Akad. med. Wiss. 27, 421 (1972)
108. Kirchhoff, H.W., H. Reindell, A. Gebauer: Untersuchungen über die Sauerstoffaufnahme, Kohlensäureabgabe, das Atemminutenvolumen, Atemäquivalent und den respiratorischen Quotienten während körperlicher Belastung bei Normalpersonen und Hochleistungssportlern. Dtsch. Arch. klin. Med. 203, 423 (1956)
109. Kiviloog, J., L. Irnell, G. Eklund: Ventilatory Capacity, Working Capacity and Exercise-Induced Bronchoconstriction in a Population Sample of Subjects with Bronchial Asthma or Chronic Bronchitis. Scand. J. Resp. Dis. 56, 73 (1975)
110. Knipping-Bolt-Valentin-Venrath: Untersuchung und Beurteilung des Herzkranken, 2. Aufl. F. Enke-Verlag Stuttgart (1960)
111. Knobloch, H., W. Hilscher: Über das Verhalten einiger Funktionen des Respirationstraktus im Alter. Zschr. Alternsforsch. 11, 351 (1958)
112. Koch, A., B. Schmidt: Sauerstoffaufnahme und Atemumfang bei körperlicher Arbeit und ihre Bedeutung für die Funktionsprüfung von Herz und Lunge bei Gesunden und Kranken. Zschr. ges. exper. Med. 112, 612 (1943)
113. Konetzke, Schlegel: Bedeutung einiger Grenzkriterien zur Bestimmung der körperlichen Belastungsgrenze. Zschr. Tuberkulose 125, 355 (1966)
114. König, K., H. Reindell, K. Musshoff, H. Roskamm, M. Kessler: Das Herzvolumen und die körperliche Leistungsfähigkeit bei 20 - 60 jährigen gesunden Männern. Arch. Kreislaufforsch. 35, 37 (1961)
115. König, K., H. Reindell, K. Roskamm: Das Herzvolumen und die Leistungsfähigkeit bei 60 - 75 jährigen gesunden Männern. Arch. Kreislaufforsch. 39, 143 (1962)

116. König, K., H. Reindell, H. Roskamm: Zur Frage der Ausbelastung bei spirometrischen Leistungsprüfungen. Dtsch. med. Wschr. 87, 1304 (1962)
117. Krackhardt, H., W. Krackhardt: Lungenfunktion bei Adipositas. Zschr. klin. Med. 158, 337 (1965)
118. Kraus, J.: Lungenfunktionsprüfungen. Dtsch. med. Wschr. 83, 76 (1958)
119. Kronenberg, R.S., C.W. Drage, R.A. Ponto, L.E. Williams: The Effect of Age on the Distribution of Ventilation and Perfusion in the Lung. Amer. Rev. Resp. Dis. 108, 576 (1973)
120. Krumholz, R.A., R.B. Chevalier and J.C. Ross: Changes in Cardiopulmonary Functions Related to Abstinence from Smoking -Studies in Young Cigarette Smokers at Rest and Exercise at 3 and 6 Weeks of Abstinence-. Ann. Int. Med. 62, 197 (1965)
121. Krumholz, R.A., R.B. Chevalier and J.C. Ross: Cardiopulmonary Function in Young Smokers. Ann. Int. Med. 60, 603 (1964)
122. Lambertsen, Ch.J.: CARBON DIOXIDE AND RESPIRATION IN ACID-BASE HOMEOSTASIS. Anesthesiology 21, 642 (1960)
123. Landen, H.C.: Die funktionelle Beurteilung des Lungen- und Herzkranken, Kreislauf-Bücherei Band 14. Verlag von Dr. Dietrich Steinkopf, Darmstadt (1955)
124. Landen, H.C.: Der Atemgrenzwert als Maßstab respiratorischer Leistungsfähigkeit. Beiträge zur Klinik der Tuberkulose 102, 6 (1949)
125. Lang, E.: Sport und präklinische Geriatrie. Geriatrie 5, 147 (1975)
126. Lang, E.: Körperliche Aktivität und Sport in der zweiten Lebenshälfte. Akt. geront. 5, 429 (1975)
127. Lanser, K.: Die Lungenfunktion als Grundlage der Therapie. Prax. Pneumol. 29, 77 (1975)
128. Larimi, T.K.J.: VARIATIONS IN THE OXYGEN AND CARBON DIOXIDE TENSIONS OF END-TIDAL AIR IN GRADUATED EXERCISE IN NORMAL PERSONS AND PATIENTS SUFFERING FROM VENTILATORY INSUFFICIENCY. Scand. J. of Clin. a. Lab. Invest. 5, 90 (1953)
129. Lenfant, C.: Time-dependent variations of pulmonary gas exchange in normal man at rest. J. Appl. Physiol. 22, 675 (1967)
130. Lim, T.P.K., U.C. Luft: Alterations in lung compliance and functional residual capacity with posture. J. Appl. Physiol. 14, 164 (1959)

131. Lindemann, H., J. Rutenfranz, R. Mocellin, W. Sbresny: Methodische Untersuchung zur indirekten Bestimmung der maximalen O_2 -Aufnahme. *Europ. J. Appl. Physiol.* 32, 25 (1973)
132. Lukas, D.S.: SOME EFFECTS OF ADRENOCORTICOTROPIC HORMONE AND CORTISONE ON PULMONARY FUNCTION OF PATIENTS WITH OBSTRUCTIVE EMPHYSEMA. *Amer. Rev. Tbc.* 64, 279 (1951)
133. Macdonald, J.B., T.J. Cole, A. Seaton: Forced expiratory time - its reliability as a lung function test. *Thorax* 30, 554 (1975)
134. Maidorn, K., H. Mellerowicz: Untersuchungen zur Bestimmung des maximalen Sauerstoffpulses bei ergometrischer Leistung. *Der Sportarzt* 10, 355 (1962)
135. Mandi, A., É. Lengyel, M. Csukás: Evaluation of Respiratory Function Tests in Aged Persons. *Akt. geront.* 8, 597 (1975)
136. Marazzini, L., F. Vezzoli, E. Longhini: SIGNIFICATION SÉMIOLOGIQUE DE "CLOSING VOLUME" ET DE "CLOSING CAPACITY" DANS LE DIAGNOSTIC DE L'OBSTRUCTION DES PETITES VOIES AÉRIENNES. *Les Bronches* 25, 12 (1975)
137. Marquart, R.: Hat die Spirometrie heute noch eine Bedeutung? *Tuberkulosearzt* 10, 415 (1956)
138. Marx, H.H., W.J. Zack, O.E. Müller: Untersuchungen zur spiroergometrischen Differenzierung der kardialen und pulmonalen Arbeitsleistung. *Zschr. Kreislaufforschg.* 43, 714 (1954)
139. Matheson, H.W., S.N. Spies, J.S. Gray, D.R. Barnum: VENTILATORY FUNCTION TESTS. II. FACTORS AFFECTING THE VOLUNTARY VENTILATION CAPACITY. *J. Clin. Invest.* 29, 682 (1950)
140. Matheson, H.W., J.S. Gray: VENTILATORY FUNCTION TESTS. III. RESTING VENTILATION, METABOLISM AND DERIVED MEASURES. *J. Clin. Invest.* 29, 288 (1950)
141. Matthys, H.: Lungenfunktion als Grundlage der Diagnostik. *Prax. Pneumol.* 29, 71 (1975)
142. Matthys, H., U. Orth, G. Overrath, N. Konietzko: Verhalten von Druck, Fluß, Volumen und verwandter Größen bei forcierter Atmung. *Pneumonologie* 147, 250 (1973)
143. McNeill, R.S., J.M. McKenzie: AN ASSESSMENT OF THE VALUE OF BREATHING EXERCISES IN CHRONIC BRONCHITIS AND ASTHMA. *Thorax* 10, 250 (1955)
144. Mead, J.: Control of respiratory frequency. *J. Appl. Physiol.* 15, 325 (1960)

145. Mellerowicz, H.: Ergometrie, 2. Auflage. Urban- und Schwarzenberg-Verlag München-Berlin-Wien (1975)
146. Mellerowicz, H., P. Nowacki: Vergleichende Untersuchungen von Atem- und Kreislauffunktionen bei physikalisch gleicher ergometrischer Arbeit im Stehen, Sitzen und Liegen. Zschr. Kreislaufforsch. 50, 1002 (1961)
147. Mellerowicz, H., L. Galle: Vergleichende Untersuchungen kardialer und pulmonaler Funktionen bei maximaler Arbeit am Ergometer im Stehen, Sitzen und Liegen. Der Sportarzt 10, 332 (1962)
148. Metheny, E., L. Brouha, R.E. Johnson, W.H. Forbes: SOME PHYSIOLOGIC RESPONSES OF WOMEN AND MEN TO MODERATE AND STRENUOUS EXERCISE: A COMPARATIVE STUDY. Am. J. Physiol. 137, 318 (1942)
149. Milic-Emili, J.: SMALL AIRWAY CLOSURE, AND ITS PHYSIOLOGICAL SIGNIFICANCE. Scand. J. Resp. Dis., Suppl. 85 (1974)
150. Miller, W.F., R.L. Johnson, J.R. and N.WU: Relationships between fast vital capacity and various timed expiratory capacities. J. Appl. Physiol. 14, 157 (1959)
151. Moreno, F., H.A. Lyons: Effect of body posture on lung volumes. J. Appl. Physiol. 16, 27 (1961)
152. Morse, M., F.W. Schlutz, D.E. Cassels: Relation of Age to Physiological Responses of the Older Boy (10 - 17 Years) to Exercise. J. Appl. Physiol. 1, 683 (1949)
153. Müller, E.A.: Ein Leistungspulsindex als Maß der Leistungsfähigkeit. Arbeitsphysiologie 14, 271 (1950)
154. Müller, E.A., H. Bastert: Atemgrenzwert und Atemwiderstand. Arbeitsphysiologie 14, 1 (1949)
155. Naimark, A., R.M. Cherniack: Compliance of the respiratory system and its components in health and obesity. J. Appl. Physiol. 15, 377 (1960)
156. Needham, C.D., M.C. Rogan, I.Mc. Donald: NORMAL STANDARDS FOR LUNG VOLUMES, INTRAPULMONARY GAS-MIXING, AND MAXIMUM BREATHING CAPACITY. Thorax 9, 313 (1954)
157. Nielsen, M.: Die Respirationsarbeit bei Körperruhe und bei Muskelarbeit. Scand. Arch. Physiol. 74, 299 (1936)
158. Nolte, D.: Lungenfunktionsuntersuchungen: Methodik. Prax. Pneumol. 29, 67 (1975)
159. Nolte, D.: Der Aussagewert von Lungenfunktionsmeßgrößen. Med. Mschr. 25, 538 (1971)

160. Nöcker, J.: Leistungsfähigkeit und Lebensalter. Zschr. Alternsforsch. 14, 189 (1960)
161. Nöcker, J.: Der trainierte Kreislauf. Ärztl. Praxis 25, 1718 (1973)
162. Ogilvie, C.M., R.W. Stone and R. Marshall: THE MECHANICS OF BREATHING DURING THE MAXIMUM BREATHING CAPACITY TEST. Clin. Sci. 14, 101 (1955)
163. Otis, A.B., W.O. Fenn, H. Rahn: Mechanics of Breathing in Man. J. Appl. Physiol. 2, 592 (1950)
164. Otis, A.B.: The Work of Breathing. Physiol. Rev. 34, 449 (1954)
165. Palmer, K.N.V., M.L. Diamant: A comparison of pulmonary function in bronchial asthma and chronic obstructive bronchitis. Thorax 25, 101 (1970)
166. Pasargiklian, M., G. Ghiringhelli: Auswirkungen der Atemfrequenz auf den Atemgrenzwert bei Gesunden und Lungenkranken. Beitr. Klin. Tub. 118, 83 (1958)
167. Piiper, J. in Gauer-Kramer-Jung: Physiologie des Menschen, Band 6 Atmung. Urban- und Schwarzenberg-Verlag München-Berlin-Wien (1972)
168. Priban, J.P.: AN ANALYSIS OF SOME SHORT-TERM PATTERNS OF BREATHING IN MAN AT REST. J. Physiol. 166, 425-434 (1963)
169. Reichel, G., W.T. Ulmer: Die Bedeutung des Übergewichtes für die Lungenventilation und den Gasaustausch. Verh. Dtsch. Ges. inn. Med. 75, 170 (1970)
170. Reindell, H., H.W. Kirchhoff: Über kombinierte Funktionsprüfungen des Kreislaufes und der Atmung - Untersuchungen an Menschen mit durchschnittlicher Leistungsbreite und an Hochleistungssportlern-. Dtsch. med. Wschr. 81, 592 (1956)
171. Robinson, S.: Experimental Studies of Physical Fitness in Relation to Age. Arbeitsphysiologie 10, 251 (1938)
172. Roskamm, H., H. Reindell, K. König: Körperliche Aktivität und Herz- und Kreislauferkrankungen. Johann Ambrosius Barth München (1966)
173. Roskamm, H., H. Reindell, K. Musshoff, K. König: Die Beziehungen zwischen Herzgröße und Leistungsfähigkeit bei männlichen und weiblichen Sportlern im Vergleich zu männlichen und weiblichen Normalpersonen. Arch. Kreislaufforsch. 35, 67 (1961)
174. Rossier, P.H., A. Bühlmann, K. Wiesinger: Physiologie und Pathophysiologie der Atmung 2. Aufl. Springer-Verlag Berlin-Göttingen-Heidelberg (1958)

175. Rossier, P.H., A. Bühlmann: Dyspnoe und Atemarbeit -Atemmechanische Untersuchungen während Hyperventilation und großer körperlicher Arbeit-. Schweiz. Med. Wschr. 89, 543 (1959)
176. Ruff, F.: EXPLORATION RÉGIONALE DE LA VENTILATION. Rev. franc. Mal. Resp., Suppl. 1, 23 (1975)
177. Ruff, F.: EFFECTS OF AGE AND POSTURE ON CLOSING VOLUME. Scand. J. Resp. Dis., Suppl. 85 (1974)
178. Rutenfranz, J.: Zur Frage der Vergleichbarkeit von ergometrischen Methoden zur Prüfung der körperlichen Leistungsfähigkeit. Arbeitsmed.-Sozialmed.-Arbeitshyg. Nr. 3, 93 (1967)
179. Said, S.I.: ABNORMALITIES OF PULMONARY GAS EXCHANGE IN OBESITY. Ann. Int. Med. 53, 1121 (1960)
180. Saltin, B., L.H. Hartley, A. Kilbomand, I. Astrand: Physical Training in Sedentary Middle-aged and Older Men II. Oxygen Uptake, Heart Rate, and Blood Lactate Concentration at Submaximal and Maximal Exercise. Scand. J. Clin. Lab. Invest. 24, 323 (1969)
181. Schlesinger, Z., U. Goldbourt, J.H. Medalie, D. Oron, H.N. Neufeld, E. Riss: Pulmonary Ventilatory Function Values for Healthy Men Aged 45 Years and Over. Chest. 63, 520 (1973)
182. Schleusing, G., J. Hiller, G. Neumann: Trainingsanpassungserscheinungen von Herz und Kreislauf. Zschr. Altersforsch. 15, 111 (1961)
183. Schmidt, J.: Höheres Alter und Sport in Zentrale Themen der Sportmedizin. Springer-Verlag Berlin-Heidelberg-New-York (1972)
184. Schwalb, H.: Untersuchungen über die Ökonomie und Leistungsfähigkeit des Kreislaufs im mittleren Lebensalter. Arch. Kreislaufforsch. 56, 151 (1968)
185. Schwalb, H., I. Eberl: Herzvolumen und Sauerstoffpuls bei Übergewichtigen. Verh. Dtsch. Ges. inn. Med. 73, 596 (1967)
186. Schwalb, H., G. Schimert: Das Herz bei Fettsucht. Med. Klinik 65, 1908 (1970)
187. Schwalb, H., P.A. Schwendemann: Der Einfluß der Übergewichtigkeit auf die kardiale und körperliche Leistungsfähigkeit bei 20 - 70 jährigen Männern. Münch. med. Wschr. 115, 2113 (1973)
188. Seusing, J., F. Anschütz, H. Chr. Drube, K.H. Osterwald: Die Beurteilung der Lungenfunktion durch Bestimmung der Ventilationsreserve und der alveolar-arteriellen Sauerstoffspannungsdifferenz. Dtsch. Arch. klin. Med. 204, 68 (1957)

189. Shapiro, W., C.E. Johnston, R.A. Dameron, J.R., J.L. Patterson, J.R.: Maximum ventilatory performance and its limiting factors. *J. Appl. Physiol.* 19, 199 (1964)
190. Shephard, R.J.: THE MAXIMUM SUSTAINED VOLUNTARY VENTILATION IN EXERCISE. *Clin. Sci.* 32, 167 (1967)
191. Sinclair, J.D.: THE EFFECT OF BREATHING EXERCISES IN PULMONARY EMPHYSEMA. *Thorax* 10, 246 (1955)
192. Spiro, S.G., H.L. Hahn, R.H.T. Edwards, N.B. Pride: An analysis of the physiological strain of submaximal exercise in patients with chronic obstructive bronchitis. *Thorax* 30, 415 (1975)
193. Stanescu, S., St. Dutu, Z. Jienescu, L. Hartia, N. Nicolescu, F. Sacerdoteanu: Investigations into Changes of Pulmonary Function in the Aged. *Respiration* 25, 232 (1968)
194. Stegemann, J.: *Leistungsphysiologie*. Georg Thieme Verlag Stuttgart (1971)
195. Stegemann, J.: *Herz und Kreislauf im Sport in Zentrale Themen der Sportmedizin*. Springer-Verlag Berlin-Heidelberg-New-York (1972)
196. Strandell, T.: Heart Rate and Work Load at Maximal Working Intensity in Old Men. *Acta Med. Scand.* 176, 301 (1964)
197. Swenson, E.W., C.W. Zauner: Effects of Physical Conditioning on Pulmonary Function and working Capacity in Middle-Aged Men. *Scand. J. Resp. Dis.* 48, 378 (1967)
198. Szczotka, F., I. Wojcieszak, Ch. Schott, F. Weiling: Multivariate Analyse des Restitutionsverhaltens des Atem- und Kreislaufsystems von Personen nach wiederholter, durch kurze Erholungspausen unterbrochener Arbeitsbelastung. *Sportarzt und Sportmedizin* 25, 23 (1974)
199. Takishima, T., G. Grimby, W. Graham, R. Knudson, P.T. Macklem, J. Mead: Flow-volume Curves during Quiet Breathing, Maximum Voluntary Ventilation, and Forced Vital Capacities in Patients with Obstructive Lung Disease. *Scand. J. Resp. Dis.* 48, 384 (1967)
200. Tenney, S.M., R.E. Reese: THE ABILITY TO SUSTAIN GREAT BREATHING EFFORTS. *Resp. Physiol.* 5, 187 (1968)
201. Tucker, D.H., H.O. Sieker: THE EFFECT OF CHANGE IN BODY POSITION ON LUNG VOLUMES AND INTRAPULMONARY GAS MIXING IN PATIENTS WITH OBESITY, HEART FAILURE, AND EMPHYSEMA. *Amer. Rev. Resp. Dis.* 82, 787 (1960)

202. Turell, D.J., R.C. Austin, J.K. Alexander: Cardio-respiratory response of very obese subjects to treadmill exercise. *J. Lab. a. Clin. Med.* 64, 107 (1964)
203. Ulmer, W.T., G. Reichel, D. Nolte: *Die Lungenfunktion*. Georg Thieme Verlag Stuttgart (1970)
204. Vale, J.R.: Pulmonary Gas Exchange in Normal Subjects at Rest and during Moderate Exercise. *Scand. J. Resp. Dis.* 48, 394 (1967)
205. Venrath, H.: Die Atemgrenzwertbestimmung und Äquivalentmethoden. *Verh. Dtsch. Ges. inn. Med.* 62, 125 (1956)
206. Vogel, J.: Informationsgehalt respiratorischer Ruhe- und Belastungsparameter als Insuffizienzkriterien im Regelsystem der Atmung. *Zschr. Erkrank. Atmungsorgane* 140, 5 (1974)
207. Wachholder, K., Die Vitalkapazität als Maß der körperlichen Leistungsfähigkeit. *Klin. Wschr.* 7, 295 (1928)
208. Walther, H., R. Keller: Zum Problem der Sollwertbestimmung der Vitalkapazität unter besonderer Berücksichtigung der Methode nach Gaubatz-Marquard. *Zschr. Erkrank. Atmungsorgane* 136, 357 (1972)
209. Williams, M.H., J.R., C.S. Shim: Ventilatory Failure. Etiology and Clinical Forms. *Am. J. Med.* 48, 477 (1970)
210. Worth, G., K. Mayzers: Die Lungenfunktion in Abhängigkeit von Lebensalter und Beruf. *Arbeitsmed.-Sozialmed.-Arbeitshyg.* 3, 97 (1967)
211. Wyss, F.: Atemnot und Lungenfunktionsbild bei Fettsucht. *Dtsch. med. J.* 10, 393 (1959)
212. Yamada, N., K. Tatai: VITAL CAPACITY, MAXIMUM BREATHING CAPACITY AND MAXIMUM BREATHING RATE IN HEALTHY MALE ADULTS. *Jap. J. Physiol.* 4, 246 (1954)
213. Zehnder, H.: Untersuchung der Lungenfunktion bei Gesunden: Ermittlung neuer Normen für Vitalkapazität, Pneumometerwert und Residualvolumen. *Helvet. Med. Acta* 27, 245 (1960)
214. Zeilhofer, R.: Die Mechanik der Atmung bei Adipositas. *Arbeitsmed.-Sozialmed.-Arbeitshyg.* 3, 111 (1967)
215. Zocche, G.P., H.W. Fritts, Jr. and A. Cournand: Fraction of maximum breathing capacity available for prolonged hyperventilation. *J. Appl. Physiol.* 15, 1073 (1960)
216. Zöllner, N., S. Ernst, H. Nowy: Untersuchungen über den Atemgrenzwert Gesunder. *Zschr. Biologie* 107, 335 (1954)

Tabelle 1

Anthropometrische Daten von 750 20 - 69 jährigen Normotonikern von unterschiedlichem Gewicht und unterschiedlicher körperlicher Aktivität, eingeteilt in Dekaden.
(NG = normalgewichtig; ÜG = übergewichtig; NG-S = normalgewichtig, regelmäßig Sport treibend)

Altersgruppe (Dekade)	II(20-29) $\bar{x}/s_x$	III(30-39) $\bar{x}/s_x$	IV(40-49) $\bar{x}/s_x$	V(50-59) $\bar{x}/s_x$	VI(60-69) $\bar{x}/s_x$
Größe NG	178,34 6,14	178,31 6,32	174,50 5,70	174,72 6,08	174,37 6,78
Größe ÜG	175,66 6,51	175,47 5,15	174,78 6,64	175,04 6,41	171,73 6,40
Größe NG-S	181,20 3,79	181,16 6,77	177,78 5,32	178,03 6,19	173,42 7,68

Altersgruppe (Dekade)	II(20-29) $\bar{x}/s_x$	III(30-39) $\bar{x}/s_x$	IV(40-49) $\bar{x}/s_x$	V(50-59) $\bar{x}/s_x$	VI(60-69) $\bar{x}/s_x$
Gewicht NG	73,04 7,96	76,91 7,96	74,61 4,76	74,96 7,34	74,72 8,50
Gewicht ÜG	92,16 11,10	92,59 5,96	93,52 10,26	95,70 11,96	89,56 8,77
Gewicht NG-S	75,92 6,03	80,38 9,41	76,54 7,67	78,41 7,81	74,82 7,19

Altersgruppe (Dekade)	II(20-29) $\bar{x}/s_x$	III(30-39) $\bar{x}/s_x$	IV(40-49) $\bar{x}/s_x$	V(50-59) $\bar{x}/s_x$	VI(60-69) $\bar{x}/s_x$
relatives Gewicht NG	93,33 8,25	98,27 7,59	100,20 6,58	100,33 6,33	100,35 8,15
relatives Gewicht ÜG	121,66 7,26	122,41 5,65	124,86 10,04	127,22 12,06	124,91 9,61
relatives Gewicht NG-S	93,30 8,48	98,46 7,20	98,09 8,10	100,12 6,76	101,71 4,23

Altersgruppe (Dekade)	II(20-29) $\bar{x}/s_x$	III(30-39) $\bar{x}/s_x$	IV(40-49) $\bar{x}/s_x$	V(50-59) $\bar{x}/s_x$	VI(60-69) $\bar{x}/s_x$
Körperoberfläche NG	1,90 0,12	1,94 0,12	1,89 0,11	1,89 0,11	1,89 0,13
Körperoberfläche ÜG	2,08 0,15	2,08 0,09	2,08 0,14	2,10 0,15	2,02 0,12
Körperoberfläche NG-S	1,95 0,07	2,00 0,14	1,93 0,11	1,95 0,12	1,88 0,13

Tabelle 1 (Fortsetzung)

Altersgruppe (Dekade)	II(20-29) $\bar{x}/s_x$	III(30-39) $\bar{x}/s_x$	IV(40-49) $\bar{x}/s_x$	V(50-59) $\bar{x}/s_x$	VI(60-69) $\bar{x}/s_x$
Herzvolumen NG	785,76 97,74	796,17 111,75	788,59 100,31	792,45 109,25	804,09 118,89
Herzvolumen ÜG	872,50 108,91	943,55 120,67	919,58 103,79	932,66 145,52	977,91 126,25
Herzvolumen NG-S	819,15 84,90	850,13 108,14	810,80 103,35	840,16 138,48	819,78 176,48

Tabelle 2

Vitalkapazität und Atemgrenzwert

Altersgruppe (Dekade)	II(20-29) $\bar{x}/s_x$	III(30-39) $\bar{x}/s_x$	IV(40-49) $\bar{x}/s_x$	V(50-59) $\bar{x}/s_x$	VI(60-69) $\bar{x}/s_x$
Vitalkapazität NG	4,76 0,59	4,70 0,69	4,29 0,60	4,08 0,59	3,68 0,65
Vitalkapazität ÜG	4,91 0,68	4,52 0,57	4,16 0,64	3,88 0,58	3,75 0,48
Vitalkapazität NG-S	5,05 0,68	5,09 0,71	4,75 0,67	4,47 0,67	4,15 0,43

Altersgruppe (Dekade)	II(20-29) $\bar{x}/s_x$	III(30-39) $\bar{x}/s_x$	IV(40-49) $\bar{x}/s_x$	V(50-59) $\bar{x}/s_x$	VI(60-69) $\bar{x}/s_x$
Atemgrenzwert NG	127,75 27,45	126,81 25,94	117,15 23,02	105,55 21,85	90,17 25,31
Atemgrenzwert ÜG	125,17 32,32	128,31 27,66	113,39 28,86	98,60 23,98	88,63 22,03
Atemgrenzwert NG-S	145,65 29,70	140,48 29,53	127,70 22,31	125,50 25,34	109,09 17,86

Tabelle 3

Anzahl der ausgewerteten Meßdaten in Ruhe und bei verschiedenen Belastungsstufen pro Dekade.

(Gesamtzahl der untersuchten Personen $n = 750$)

In Klammern der prozentuelle Anteil der gewerteten Personen von der Gesamtzahl der jeweiligen Gruppe.

Altersgruppe (Dekade)		II(20-29) $\bar{x}/s_x$	III(30-39) $\bar{x}/s_x$	IV(40-49) $\bar{x}/s_x$	V(50-59) $\bar{x}/s_x$	VI(60-69) $\bar{x}/s_x$
Ruhe $n = 442$	NG	86 (100%)	90 (100%)	92 (100%)	93 (100%)	81 (100%)
Ruhe $n = 172$	ÜG	12 (100%)	36 (100%)	51 (100%)	50 (100%)	23 (100%)
Ruhe $n = 136$	NG-S	20 (100%)	30 (100%)	41 (100%)	31 (100%)	14 (100%)
40 W	NG	66 (77%)	78 (87%)	88 (96%)	79 (85%)	78 (96%)
40 W	ÜG	10 (83%)	36 (100%)	50 (98%)	47 (94%)	23 (100%)
40 W	NG-S	11 (55%)	16 (53%)	27 (66%)	16 (52%)	10 (71%)
80 W	NG	86 (100%)	90 (100%)	92 (100%)	93 (100%)	81 (100%)
80 W	ÜG	12 (100%)	36 (100%)	51 (100%)	50 (100%)	23 (100%)
80 W	NG-S	20 (100%)	30 (100%)	41 (100%)	31 (100%)	14 (100%)
120 W	NG	86 (100%)	90 (100%)	92 (100%)	93 (100%)	71 (88%)
120 W	ÜG	12 (100%)	36 (100%)	51 (100%)	45 (90%)	21 (91%)
120 W	NG-S	20 (100%)	30 (100%)	41 (100%)	31 (100%)	14 (100%)
160 W	NG	76 (88%)	66 (73%)	60 (65%)	32 (34%)	
160 W	ÜG	10 (83%)	25 (69%)	23 (45%)	12 (24%)	
160 W	NG-S	20 (100%)	30 (100%)	41 (100%)	31 (100%)	10 (71%)
200 W	NG-S	19 (95%)	20 (67%)	20 (49%)	13 (42%)	
mEst.	NG	86 (100%)	90 (100%)	92 (100%)	93 (100%)	81 (100%)
mEst.	ÜG	12 (100%)	36 (100%)	51 (100%)	50 (100%)	23 (100%)
mEst.	NG-S	20 (100%)	30 (100%)	41 (100%)	31 (100%)	14 (100%)

Tabelle 4

Herzfrequenz (f) bei 80 Watt (W) und bei maximaler Ergostase (mEst)

Altersgruppe (Dekade)	II(20-29) $\bar{x}/s_x$	III(30-39) $\bar{x}/s_x$	IV(40-49) $\bar{x}/s_x$	V(50-59) $\bar{x}/s_x$	VI(60-69) $\bar{x}/s_x$
80 W NG	111,86 11,12	110,57 11,12	109,90 8,82	110,10 9,90	110,92 11,49
80 W ÜG	113,08 9,95	110,83 9,43	112,50 11,12	106,66 11,05	105,69 9,78
80 W NG-S	104,50 9,83	100,33 8,08	101,26 7,99	98,12 9,59	103,14 9,59
mEst NG	152,59 12,43	148,87 11,00	148,97 11,63	140,68 13,41	130,97 15,22
mEst ÜG	153,50 11,44	146,63 11,38	141,21 10,72	128,44 15,68	121,91 12,96
mEst NG-S	156,65 14,15	152,43 17,61	148,80 13,36	145,03 13,76	136,28 19,85

Tabelle 5

Sauerstoffpuls (O_2 -Puls) bei 80 Watt (W) und bei maximaler Ergostase (mEst)

Altersgruppe (Dekade)	II(20-29) $\bar{x}/s_x$	III(30-39) $\bar{x}/s_x$	IV(40-49) $\bar{x}/s_x$	V(50-59) $\bar{x}/s_x$	VI(60-69) $\bar{x}/s_x$
80 W NG	10,32 1,05	10,32 1,04	10,24 0,89	10,20 0,95	10,35 1,07
80 W ÜG	11,01 1,14	10,68 0,74	10,56 1,22	11,12 1,38	11,27 1,53
80 W NG-S	11,89 1,44	11,64 1,07	11,73 1,33	11,84 1,59	11,80 0,84
mEst NG	12,90 1,64	12,61 1,71	12,22 1,25	12,00 1,48	11,47 1,51
mEst ÜG	13,20 1,60	13,09 1,41	12,53 1,66	12,67 1,65	13,06 2,05
mEst NG-S	17,01 2,23	15,74 1,37	15,47 1,32	15,60 2,10	13,70 1,00

Tabelle 6

Sauerstoffpuls pro Körpergewicht (O_2-P) bei 80 Watt (W) und
bei maximaler Ergostase (mEst) ($K.-Gew.$)

Altersgruppe (Dekade)	II(20-29) $\bar{x}/s_x$	III(30-39) $\bar{x}/s_x$	IV(40-49) $\bar{x}/s_x$	V(50-59) $\bar{x}/s_x$	VI(60-69) $\bar{x}/s_x$
80 W NG	0,1420 0,0162	0,1344 0,0129	0,1376 0,0173	0,1364 0,0141	0,1391 0,0159
80 W ÜG	0,1198 0,0124	0,1153 0,0098	0,1130 0,0134	0,1170 0,0168	0,1260 0,0171
80 W NG-S	0,1553 0,0174	0,1458 0,0186	0,1540 0,0218	0,1516 0,0236	0,1585 0,0155
mEst NG	0,1769 0,0212	0,1639 0,0187	0,1641 0,0173	0,1603 0,0173	0,1539 0,0202
mEst ÜG	0,1436 0,0162	0,1414 0,0161	0,1342 0,0181	0,1328 0,0178	0,1460 0,0206
mEst NG-S	0,2247 0,0315	0,1966 0,0185	0,2032 0,0228	0,2007 0,0300	0,1840 0,0197

Tabelle 7

Herzvolumenleistungsquotient (HV) bei 80 Watt (W) und bei
maximaler Ergostase (mEst) (O_2-P)

Altersgruppe (Dekade)	II(20-29) $\bar{x}/s_x$	III(30-39) $\bar{x}/s_x$	IV(40-49) $\bar{x}/s_x$	V(50-59) $\bar{x}/s_x$	VI(60-69) $\bar{x}/s_x$
80 W NG	76,45 9,78	77,09 8,42	77,35 10,09	77,91 10,60	78,01 10,82
80 W ÜG	79,60 10,23	88,72 10,82	87,95 12,80	84,37 12,97	87,55 12,14
80 W NG-S	69,60 9,54	73,29 9,42	68,73 9,29	71,79 13,34	69,39 13,57
mEst NG	61,42 7,77	63,52 8,01	64,71 8,63	66,47 9,33	70,75 10,28
mEst ÜG	66,61 9,69	72,55 10,43	74,40 11,31	74,16 10,78	75,80 11,46
mEst NG-S	48,71 6,80	54,17 6,35	51,96 6,56	53,99 8,15	59,98 12,80

Tabelle 8

Sauerstoffaufnahme in Ruhe (R), ansteigenden Leistungsstufen von jeweils 40 Watt (W) und bei maximaler Ergostase (mEst)

Altersgruppe (Dekade)	II(20-29) $\bar{x}/s_x$	III(30-39) $\bar{x}/s_x$	IV(40-49) $\bar{x}/s_x$	V(50-59) $\bar{x}/s_x$	VI(60-69) $\bar{x}/s_x$
R NG	287,05 72,65	290,51 65,43	275,03 54,86	262,01 56,86	249,56 71,78
R ÜG	304,41 73,80	314,50 59,00	299,74 64,39	289,12 54,75	291,13 68,04
R NG-S	314,20 83,62	284,96 65,62	296,97 76,82	282,25 63,19	284,21 82,78
40 W NG	740,62 79,02	720,00 68,59	725,61 74,70	706,64 73,21	726,14 76,32
40 W ÜG	805,50 51,01	776,75 67,28	764,38 84,68	757,00 61,76	762,34 94,26
40 W NG-S	785,18 60,60	735,31 51,94	759,22 63,44	705,87 56,46	729,50 64,07
80 W NG	1146,58 86,92	1133,12 78,48	1118,78 83,20	1116,04 82,22	1137,86 91,45
80 W ÜG	1237,83 90,25	1179,75 83,49	1178,23 90,55	1174,06 84,68	1179,26 91,66
80 W NG-S	1233,00 101,61	1161,60 73,21	1182,19 105,09	1151,25 101,16	1213,07 98,94
120 W NG	1575,70 123,23	1568,70 108,48	1575,31 100,16	1561,97 137,31	1539,60 120,04
120 W ÜG	1686,50 152,85	1634,33 120,08	1599,66 134,67	1589,48 124,83	1587,14 151,04
120 W NG-S	1598,40 107,02	1556,13 124,21	1618,39 111,44	1585,70 107,70	1626,28 94,95
160 W NG	1981,68 165,86	1967,56 161,41	1937,26 144,68	1915,78 154,90	
160 W ÜG	2089,80 181,18	1994,84 155,82	1942,86 182,13	1972,83 192,82	
160 W NG-S	2033,00 146,54	2023,53 169,08	2063,90 162,72	2014,19 149,10	1912,70 98,14
200 W NG-S	2522,57 182,52	2501,95 153,98	2407,40 164,34	2429,30 162,14	
mEst NG	1943,80 190,15	1863,34 227,08	1816,21 211,11	1679,31 225,64	1488,98 210,65
mEst ÜG	2021,50 228,78	1906,50 196,71	1759,11 231,21	1622,80 281,20	1582,04 231,53
mEst NG-S	2632,60 396,75	2363,63 312,16	2278,53 233,75	2238,80 346,91	1821,42 185,99

Atemminutenvolumen in Ruhe (R), ansteigenden Leistungsstufen von jeweils 40 Watt (W) und bei maximaler Ergostase (mEst)

Altersgruppe (Dekade)		II(20-29) $\bar{x}/s_x$	III(30-39) $\bar{x}/s_x$	IV(40-49) $\bar{x}/s_x$	V(50-59) $\bar{x}/s_x$	VI(60-69) $\bar{x}/s_x$
R	NG	8,06 2,59	8,20 2,80	8,48 3,04	8,33 3,89	9,02 3,06
R	ÜG	9,69 3,66	10,04 3,56	10,02 3,99	9,72 3,27	10,10 4,23
R	NG-S	6,99 2,54	8,00 1,93	8,49 2,48	8,36 3,21	8,71 4,01
40 W	NG	15,07 2,76	15,62 3,67	15,51 3,16	16,21 4,16	17,39 3,65
40 W	ÜG	19,44 5,90	16,99 3,33	17,23 3,75	18,07 3,02	18,46 3,47
40 W	NG-S	15,20 2,62	15,05 7,02	14,28 2,52	15,33 2,73	17,18 4,07
80 W	NG	25,20 4,29	26,17 3,92	27,32 4,38	29,73 5,10	31,81 5,84
80 W	ÜG	29,66 8,03	28,98 6,20	30,12 5,88	32,78 5,50	33,33 5,20
80 W	NG-S	24,26 2,78	25,26 5,36	26,05 4,02	27,56 6,42	29,10 5,27
120 W	NG	40,63 8,01	44,64 8,82	46,88 10,00	50,39 10,86	51,81 10,60
120 W	ÜG	43,69 10,77	50,34 16,37	50,60 12,38	52,77 11,69	51,46 8,62
120 W	NG-S	36,04 6,86	38,70 9,78	41,22 8,36	41,61 7,75	47,11 10,98
160 W	NG	58,58 12,95	64,29 12,95	70,10 18,99	69,37 17,30	
160 W	ÜG	62,58 17,97	66,70 13,26	65,59 13,97	73,88 15,50	
160 W	NG-S	51,25 8,32	54,54 10,52	61,78 13,79	63,74 13,49	69,10 17,94
200 W	NG-S	73,95 16,48	85,76 18,85	79,75 15,47	82,70 17,04	
mEst	NG	57,28 13,15	60,07 14,33	62,06 19,55	57,77 15,91	51,22 12,93
mEst	ÜG	61,86 17,52	65,73 16,17	59,22 12,28	56,61 17,04	51,90 11,12
mEst	NG-S	82,51 24,46	76,61 23,04	74,16 16,24	77,63 20,01	62,68 17,94

Tabelle 10

Atemäquivalent in Ruhe (R), ansteigenden Leistungsstufen von jeweils 40 Watt (W) und bei maximaler Ergostase (mEst)

Altersgruppe (Dekade)	II(20-29) $\bar{x}/s_x$	III(30-39) $\bar{x}/s_x$	IV(40-49) $\bar{x}/s_x$	V(50-59) $\bar{x}/s_x$	VI(60-69) $\bar{x}/s_x$
R NG	2,978 1,160	2,893 0,945	3,211 1,094	3,209 1,363	3,697 1,410
R ÜG	3,228 0,992	3,261 1,285	3,382 1,300	3,396 1,120	3,498 1,052
R NG-S	2,269 0,717	2,952 0,833	3,031 1,101	3,121 1,090	3,274 1,866
40 W NG	2,041 0,412	2,168 0,500	2,164 0,465	2,297 0,547	2,408 0,515
40 W ÜG	2,395 0,737	2,184 0,365	2,288 0,503	2,386 0,394	2,436 0,448
40 W NG-S	1,948 0,356	2,006 0,767	1,895 0,367	2,186 0,410	2,355 0,491
80 W NG	2,197 0,386	2,334 0,365	2,445 0,398	2,667 0,450	2,782 0,652
80 W ÜG	2,399 0,646	2,451 0,475	2,574 0,486	2,765 0,483	2,842 0,445
80 W NG-S	1,977 0,224	2,173 0,467	2,194 0,350	2,365 0,484	2,375 0,480
120 W NG	2,600 0,495	2,848 0,507	2,974 0,605	3,226 0,643	3,371 0,652
120 W ÜG	2,608 0,630	3,067 0,952	3,160 0,720	3,311 0,636	3,236 0,422
120 W NG-S	2,263 0,416	2,457 0,637	2,535 0,467	2,582 0,452	2,985 0,547
160 W NG	2,964 0,697	3,273 0,567	3,610 0,914	3,536 0,667	
160 W ÜG	2,939 0,748	3,336 0,615	3,407 0,698	3,778 0,689	
160 W NG-S	2,586 0,522	2,727 0,446	2,980 0,630	3,160 0,655	3,641 0,932
200 W NG-S	2,926 0,574	3,413 0,650	3,312 0,727	3,410 0,619	
mEst NG	2,953 0,691	3,219 0,591	3,380 0,852	3,397 0,677	3,431 0,680
mEst ÜG	3,028 0,793	3,470 0,935	3,391 0,779	3,459 0,699	3,260 0,395
mEst NG-S	3,171 0,617	3,162 0,662	3,249 0,729	3,448 0,592	3,439 0,868

Tabelle 11

Atemzugvolumen in Ruhe (R), ansteigenden Leistungsstufen von jeweils 40 Watt (W) und bei maximaler Ergostase (mEst)

Altersgruppe (Dekade)	II(20-29) $\bar{x}/s_x$	III(30-39) $\bar{x}/s_x$	IV(40-49) $\bar{x}/s_x$	V(50-59) $\bar{x}/s_x$	VI(60-69) $\bar{x}/s_x$
R NG	569,10 199,21	645,90 282,92	686,66 244,57	672,24 298,00	719,00 299,54
R ÜG	655,08 246,04	659,27 217,67	761,29 326,81	736,46 272,96	739,17 319,15
R NG-S	573,55 327,85	630,03 215,10	728,00 333,13	712,48 314,81	704,78 296,23
40 W NG	801,37 289,60	895,74 317,79	940,53 369,89	1023,08 358,82	950,30 256,90
40 W ÜG	809,80 174,79	829,91 303,44	894,44 404,59	891,91 191,36	920,52 209,83
40 W NG-S	807,18 201,30	885,31 274,34	819,66 157,08	880,00 334,91	890,20 200,74
80 W NG	1179,04 373,29	1321,42 352,36	1353,43 332,28	1468,03 342,34	1480,41 358,74
80 W ÜG	1214,66 274,77	1184,22 274,76	1386,88 457,83	1349,68 281,88	1334,47 222,60
80 W NG-S	1215,55 461,16	1345,50 445,84	1299,51 257,46	1324,58 348,89	1409,71 254,67
120 W NG	1605,55 405,75	1823,05 360,17	1832,22 375,79	1922,15 408,95	1916,64 340,02
120 W ÜG	1580,00 336,35	1729,30 439,35	1810,98 432,91	1800,55 292,45	1745,61 257,47
120 W NG-S	1566,50 405,05	1781,27 536,00	1802,97 345,39	1733,38 333,37	1841,78 326,31
160 W NG	1942,63 431,97	2194,46 345,80	2151,58 407,89	2108,90 393,65	
160 W ÜG	1983,00 401,61	1984,80 351,59	2120,43 444,15	2283,33 272,87	
160 W NG-S	1855,50 466,24	2263,00 546,69	2253,65 372,26	2095,00 362,26	2041,50 237,13
200 W NG-S	2184,21 459,50	2688,25 418,59	2549,50 408,14	2375,38 271,55	
mEst NG	1920,08 422,32	2108,72 403,20	2067,01 416,85	2019,03 409,90	1847,00 380,60
mEst ÜG	1932,08 383,32	1956,25 347,90	1970,00 411,57	1849,50 410,00	1720,34 328,17
mEst NG-S	2341,00 479,60	2540,00 501,55	2431,46 415,00	2257,58 404,62	1998,92 265,12

Tabelle 12

Atemfrequenz in Ruhe (R), ansteigenden Leistungsstufen von jeweils 40 Watt (W) und bei maximaler Ergostase (mEst)

Altersgruppe (Dekade)	II(20-29) $\bar{x}/s_x$	III(30-39) $\bar{x}/s_x$	IV(40-49) $\bar{x}/s_x$	V(50-59) $\bar{x}/s_x$	VI(60-69) $\bar{x}/s_x$
R NG	14,70 3,79	13,42 3,81	12,86 3,94	12,67 3,20	13,34 3,44
R ÜG	14,50 3,39	15,55 3,37	14,17 4,66	13,86 3,67	14,26 3,46
R NG-S	13,35 3,80	13,43 3,92	12,65 3,31	12,38 3,36	12,85 3,32
40 W NG	19,66 4,48	18,46 4,50	18,18 5,48	16,75 4,46	19,07 4,86
40 W ÜG	24,00 4,98	21,61 4,71	20,88 5,36	20,93 4,81	20,60 4,17
40 W NG-S	20,00 6,06	17,68 6,18	17,51 4,64	18,62 4,55	19,40 2,31
80 W NG	22,40 5,57	20,71 4,59	20,93 4,46	20,76 4,37	22,25 5,56
80 W ÜG	24,91 6,09	24,94 4,04	23,05 5,93	24,80 5,19	25,86 5,02
80 W NG-S	21,50 6,04	19,90 4,77	20,63 4,51	21,48 4,76	20,85 2,90
120 W NG	26,13 5,83	25,15 5,50	26,18 5,76	26,30 5,69	27,56 6,58
120 W ÜG	28,33 6,80	29,61 7,01	28,66 6,82	29,53 5,96	29,76 4,26
120 W NG-S	24,05 5,96	23,00 6,87	23,46 5,62	24,45 5,12	25,50 5,06
160 W NG	31,13 7,24	29,84 6,54	32,83 7,70	32,81 7,49	
160 W ÜG	31,90 8,22	34,08 7,40	31,17 7,01	32,66 6,95	
160 W NG-S	28,45 6,67	25,13 6,09	27,73 6,04	30,77 6,80	34,40 8,72
200 W NG-S	34,05 6,88	32,50 8,79	31,70 6,57	34,92 6,48	
mEst NG	30,69 7,09	29,00 6,49	30,23 7,94	28,62 7,33	28,25 7,03
mEst ÜG	32,33 8,16	33,77 7,36	30,47 7,24	30,60 6,22	30,34 4,02
mEst NG-S	35,55 8,84	30,53 8,17	30,80 6,55	34,51 7,20	31,35 8,90

Atemvolumen in % der Vitalkapazität in Ruhe (R), ansteigenden Leistungsstufen von jeweils 40 Watt (W) und bei maximaler Ergostase (mEst)

Altersgruppe (Dekade)		II(20-29) $\bar{x}/s_x$	III(30-39) $\bar{x}/s_x$	IV(40-49) $\bar{x}/s_x$	V(50-59) $\bar{x}/s_x$	VI(60-69) $\bar{x}/s_x$
R	NG	12,06 4,21	14,03 6,83	16,19 5,96	16,69 7,48	19,65 8,13
R	ÜG	13,59 6,59	14,70 5,05	18,49 8,01	19,09 7,01	19,95 9,40
R	NG-S	11,31 5,48	12,68 4,77	15,32 6,68	15,82 7,60	16,80 6,55
40 W	NG	17,06 6,20	19,54 7,66	22,28 8,52	25,27 8,28	26,63 8,09
40 W	ÜG	16,72 4,95	18,75 8,33	21,61 8,03	23,68 5,82	25,03 7,10
40 W	NG-S	16,45 4,16	18,47 7,43	17,45 3,80	19,95 6,59	21,53 4,77
80 W	NG	24,93 8,12	28,70 8,47	32,22 9,00	36,65 8,48	41,10 10,95
80 W	ÜG	24,67 6,98	26,37 6,37	33,40 8,91	35,18 7,49	35,80 7,92
80 W	NG-S	23,94 8,42	27,04 10,19	27,54 5,30	30,35 9,54	34,03 5,82
120 W	NG	34,14 9,25	39,37 8,42	43,38 9,97	47,46 8,84	51,22 11,23
120 W	ÜG	31,83 6,61	38,76 12,65	43,79 8,78	46,05 7,88	47,24 8,26
120 W	NG-S	31,26 8,18	35,91 12,77	38,27 7,29	39,67 9,58	44,54 8,10
160 W	NG	41,24 10,08	46,40 8,52	49,65 8,09	51,11 7,73	
160 W	ÜG	38,27 5,91	45,81 10,46	50,73 10,56	55,54 8,31	
160 W	NG-S	36,88 8,27	45,11 12,09	47,84 7,70	47,81 10,79	50,46 7,78
200 W	NG-S	43,78 8,37	52,98 11,87	53,82 6,34	50,37 6,04	
mEst	NG	40,90 9,96	45,35 8,72	48,46 9,75	49,64 8,06	50,82 10,53
mEst	ÜG	38,64 5,59	43,84 10,10	47,83 9,69	47,78 9,45	46,38 9,64
mEst	NG-S	46,48 8,01	50,59 11,70	51,57 8,04	51,13 8,90	48,56 7,88

Tabelle 14

Atemminutenvolumen in % des Atemgrenzwertes in Ruhe (R), ansteigenden Leistungsstufen von jeweils 40 Watt (W) und bei maximaler Ergostase (mEst)

Altersgruppe (Dekade)	II(20-29) $\bar{x}/s_x$	III(30-39) $\bar{x}/s_x$	IV(40-49) $\bar{x}/s_x$	V(50-59) $\bar{x}/s_x$	VI(60-69) $\bar{x}/s_x$
R NG	6,69 2,51	6,62 2,50	7,56 3,25	8,26 4,41	10,72 4,70
R ÜG	7,91 2,62	8,12 3,35	9,28 3,91	10,14 3,37	12,15 6,05
R NG-S	5,02 2,09	5,98 1,86	6,74 1,99	6,89 2,82	7,92 3,04
40 W NG	12,62 4,23	12,41 3,67	13,90 4,71	15,91 5,49	21,38 8,97
40 W ÜG	16,27 7,18	13,67 3,28	16,27 5,79	19,94 6,67	22,85 8,71
40 W NG-S	10,49 2,78	11,29 5,05	11,64 3,00	12,86 2,82	16,03 4,93
80 W NG	21,21 6,57	21,46 6,40	24,48 6,81	29,70 9,79	39,01 16,25
80 W ÜG	25,16 9,27	23,27 5,29	28,36 9,48	35,32 11,60	40,05 12,19
80 W NG-S	17,41 4,61	18,73 4,77	21,04 5,15	22,79 6,71	27,39 7,65
120 W NG	33,86 9,58	36,20 9,79	41,77 12,75	49,72 13,97	55,48 17,93
120 W ÜG	37,49 14,06	39,88 10,97	45,96 13,38	53,26 14,35	58,47 16,55
120 W NG-S	25,88 7,78	28,84 8,47	33,30 9,00	34,37 8,66	44,61 14,76
160 W NG	49,33 14,72	50,85 12,69	59,89 15,85	62,69 16,91	
160 W ÜG	53,15 22,58	56,92 13,84	58,58 17,16	64,43 14,81	
160 W NG-S	36,92 11,92	40,75 11,49	49,82 13,84	53,01 15,92	60,37 13,05
200 W NG-S	50,20 12,82	60,56 16,54	62,12 15,47	63,28 20,39	
mEst NG	47,73 14,81	48,39 13,29	53,43 17,14	55,03 15,49	57,94 17,25
mEst ÜG	52,70 21,43	56,92 13,84	54,32 15,99	56,98 15,37	60,19 17,70
mEst NG-S	55,73 14,58	55,24 17,77	59,54 15,32	62,52 17,68	55,49 14,56

Signifikanztabelle 1

(Anthropometrische Daten)

KO = Körperoberfläche

HV = Herzvolumen

zu vergleichende Gruppen	Größe	Gewicht	rel. Gewicht	KO	HV
II NG/ IV NG	***	Ø	***	Ø	Ø
II NG/ VI NG	***	Ø	***	Ø	Ø
IV NG/ VI NG	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø
II NG-S/ IV NG-S	**	Ø	*	Ø	Ø
II NG-S/ VI NG-S	***	Ø	**	*	Ø
IV NG-S/ VI NG-S	*	Ø	Ø	Ø	Ø
II ÜG/ IV ÜG	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø
II ÜG/ VI ÜG	Ø	Ø	Ø	Ø	*
IV ÜG/ VI ÜG	Ø	Ø	Ø	Ø	*
II NG/ II NG-S	*	Ø	Ø	Ø	Ø
III NG/ III NG-S	*	Ø	Ø	*	*
IV NG/ IV NG-S	**	Ø	Ø	*	Ø
V NG/ V NG-S	**	*	Ø	*	Ø
VI NG/ VI NG-S	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø
II NG/ II ÜG	Ø	***	***	***	**
III NG/ III ÜG	*	***	***	***	***
IV NG/ IV ÜG	Ø	***	***	***	***
V NG/ V ÜG	Ø	***	***	***	***
VI NG/ VI ÜG	Ø	***	***	***	***
II NG-S/ II ÜG	**	***	***	***	Ø
III NG-S/ III ÜG	***	***	***	**	**
IV NG-S/ IV ÜG	*	***	***	***	***
V NG-S/ V ÜG	*	***	***	***	**
VI NG-S/ VI ÜG	Ø	***	***	**	**

Signifikanztabelle 2
(Kreislauffunktionsgrößen)

HF = Herzfrequenz
O₂-A = Sauerstoffaufnahme
R = Ruhe; mEst = maximale Ergostase

zu verglei- chende Gruppen	HF 80 Watt	HF mEst	O ₂ -A R	O ₂ -A 80 Watt	O ₂ -A 120 Watt	O ₂ -A mEst
II NG/ IV NG	∅	*	∅	*	∅	***
II NG/ VI NG	∅	***	***	∅	∅	***
IV NG/ VI NG	∅	***	*	∅	*	***
II NG-S/ IV NG-S	∅	*	∅	∅	∅	***
II NG-S/ VI NG-S	∅	**	∅	∅	∅	***
IV NG-S/ VI NG-S	∅	*	∅	∅	∅	***
II ÜG/ IV ÜG	∅	***	∅	*	∅	***
II ÜG/ VI ÜG	*	***	∅	∅	∅	***
IV ÜG/ VI ÜG	*	***	∅	∅	∅	**
II NG/ II NG-S	**	∅	∅	***	∅	***
III NG/ III NG-S	***	∅	∅	∅	∅	***
IV NG/ IV NG-S	***	∅	∅	***	*	***
V NG/ V NG-S	***	∅	∅	∅	∅	***
VI NG/ VI NG-S	*	∅	∅	**	*	***
II NG/ II ÜG	∅	∅	∅	**	**	∅
III NG/ III ÜG	∅	∅	∅	**	**	∅
IV NG/ IV ÜG	∅	***	*	***	∅	∅
V NG/ V ÜG	∅	***	**	***	∅	∅
VI NG/ VI ÜG	*	*	*	∅	∅	∅
II NG-S/ II ÜG	*	∅	∅	∅	∅	***
III NG-S/ III ÜG	***	∅	∅	∅	*	***
IV NG-S/ IV ÜG	***	**	∅	∅	∅	***
V NG-S/ V ÜG	***	***	∅	∅	∅	***
VI NG-S/ VI ÜG	∅	*	∅	∅	∅	**

Signifikanztabelle 3

(Kreislauffunktionsgrößen)

O_2 -P = Sauerstoffpuls; O_2 -P/K-Gew. = Sauerstoffpuls pro Körpergewicht (kg)
 HV/ O_2 -P = Herzvolumenleistungsäquivalent

W = Watt; mEst = maximale Ergostase

zu vergleichende Gruppen	O_2 -P 80 W	O_2 -P mEst	O_2 -P K-Gew. 80 W	O_2 -P K-Gew. mEst.	HV O_2 -P 80 W	HV O_2 -P mEst.
II NG/ IV NG	∅	**	∅	***	∅	**
II NG/ VI NG	∅	***	∅	***	∅	***
IV NG/ VI NG	∅	***	∅	***	∅	***
II NG-S/ IV NG-S	∅	***	∅	**	∅	∅
II NG-S/ VI NG-S	∅	***	∅	***	∅	**
IV NG-S/ VI NG-S	∅	***	∅	**	∅	**
II ÜG/ IV ÜG	∅	∅	∅	∅	*	*
II ÜG/ VI ÜG	∅	∅	∅	∅	∅	*
IV ÜG/ VI ÜG	*	∅	***	*	∅	∅
II NG/ II NG-S	***	***	**	***	**	***
III NG/ III NG-S	***	***	***	***	*	***
IV NG/ IV NG-S	***	***	***	***	***	***
V NG/ V NG-S	***	***	***	***	**	***
VI NG/ VI NG-S	***	***	***	***	**	***
II NG/ II ÜG	*	∅	***	***	∅	*
III NG/ III ÜG	*	∅	***	***	***	***
IV NG/ IV ÜG	∅	∅	***	***	***	***
V NG/ V ÜG	***	*	***	***	**	***
VI NG/ VI ÜG	**	***	***	∅	***	*
II NG-S/ II ÜG	∅	***	***	***	**	***
III NG-S/ III ÜG	***	***	***	***	***	***
IV NG-S/ IV ÜG	***	***	***	***	***	***
V NG-S/ V ÜG	*	***	***	***	***	***
VI NG-S/ VI ÜG	∅	∅	***	***	***	***

Signifikanztabelle 4

(Lungenfunktionsgrößen)

VK = Vitalkapazität; AGW = Atemgrenzwert

AV = Atemzugvolumen

R = Ruhe; W = Watt; mEst = maximale Ergostase

zu verglei- chende Gruppen	VK	AGW	AV R	AV 80 W	AV 120 W	AV mEst
II NG/ IV NG	***	**	***	***	***	*
II NG/ VI NG	***	***	***	***	***	Ø
IV NG/ VI NG	***	***	Ø	*	Ø	***
II NG-S/ IV NG-S	Ø	*	Ø	Ø	*	Ø
II NG-S/ VI NG-S	***	***	Ø	Ø	*	*
IV NG-S/ VI NG-S	**	**	Ø	Ø	Ø	***
II ÜG/ IV ÜG	***	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø
II ÜG/ VI ÜG	***	***	Ø	Ø	Ø	Ø
IV ÜG/ VI ÜG	**	***	Ø	Ø	Ø	*
II NG/ II NG-S	Ø	*	Ø	Ø	Ø	***
III NG/ III NG-S	**	*	Ø	Ø	Ø	***
IV NG/ IV NG-S	***	*	Ø	Ø	Ø	***
V NG/ V NG-S	**	***	Ø	*	*	**
VI NG/ VI NG-S	**	**	Ø	Ø	Ø	Ø
II NG/ II ÜG	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø
III NG/ III ÜG	Ø	Ø	Ø	*	Ø	*
IV NG/ IV ÜG	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø
V NG/ V ÜG	*	Ø	Ø	*	Ø	*
VI NG/ VI ÜG	Ø	Ø	Ø	Ø	*	Ø
II NG-S/ II ÜG	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	*
III NG-S/ III ÜG	***	Ø	Ø	Ø	Ø	***
IV NG-S/ IV ÜG	***	*	Ø	Ø	Ø	***
V NG-S/ V ÜG	***	***	Ø	Ø	Ø	***
VI NG-S/ VI ÜG	*	**	Ø	Ø	Ø	*

Signifikanztabelle 5

AF = Atemfrequenz

AMV = Atemminutenvolumen

R = Ruhe; W = Watt; mEst = maximale Ergostase

zu verglei- chende Gruppen	AF R	AF 80 W	AF 120 W	AF mEst	AMV R	AMV 80 W	AMV 120 W	AMV mEst
II NG/ IV NG	**	*	Ø	Ø	Ø	**	***	Ø
II NG/ VI NG	*	Ø	Ø	*	*	***	***	**
IV NG/ VI NG	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	***	**	***
II NG-S/ IV NG-S	Ø	Ø	Ø	*	*	Ø	*	Ø
II NG-S/ VI NG-S	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	**	**	*
IV NG-S/ VI NG-S	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	*	*	*
II ÜG/ IV ÜG	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø
II ÜG/ VI ÜG	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	*	*
IV ÜG/ VI ÜG	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	*	Ø	*
II NG/ II NG-S	Ø	Ø	Ø	*	Ø	Ø	*	***
III NG/ III NG-S	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	**	***
IV NG/ IV NG-S	Ø	Ø	*	Ø	Ø	Ø	**	***
V NG/ V NG-S	Ø	Ø	Ø	***	Ø	Ø	***	***
VI NG/ VI NG-S	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	**
II NG/ II ÜG	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	**	Ø	Ø
III NG/ III ÜG	**	***	***	***	**	**	*	Ø
IV NG/ IV ÜG	Ø	*	*	Ø	*	**	Ø	Ø
V NG/ V ÜG	*	***	**	Ø	*	***	Ø	Ø
VI NG/ VI ÜG	Ø	**	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø
II NG-S/ II ÜG	Ø	Ø	Ø	Ø	*	**	*	*
III NG-S/ III ÜG	*	***	***	Ø	**	*	**	*
IV NG-S/ IV ÜG	Ø	*	***	Ø	*	***	***	***
V NG-S/ V ÜG	Ø	**	***	*	Ø	***	***	***
VI NG-S/ VI ÜG	Ø	**	**	Ø	Ø	*	Ø	*

Signifikanztabelle 6

AÄ = Atemäquivalent

%AV = prozentuales Atemzugvolumen

R = Ruhe; W = Watt; mEst = maximale Ergostase

zu verglei- chende Gruppen	AÄ R	AÄ 80 W	AÄ 120 W	AÄ mEst	%AV R	%AV 80 W	%AV 120 W	%AV mEst
II NG/ IV NG	Ø	***	***	***	***	***	***	***
II NG/ VI NG	***	***	***	***	***	***	***	***
IV NG/ VI NG	**	***	***	Ø	**	***	***	Ø
II NG-S/ IV NG-S	**	*	*	Ø	*	*	**	*
II NG-S/ VI NG-S	*	**	***	Ø	Ø	***	***	Ø
IV NG-S/ VI NG-S	Ø	Ø	**	Ø	*	***	**	Ø
II ÜG/ IV ÜG	Ø	Ø	*	Ø	Ø	**	***	**
II ÜG/ VI ÜG	Ø	*	**	Ø	*	***	***	*
IV ÜG/ VI ÜG	Ø	*	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø
II NG/ II NG-S	**	*	**	Ø	Ø	Ø	Ø	*
III NG/ III NG-S	Ø	Ø	***	Ø	Ø	Ø	Ø	*
IV NG/ IV NG-S	Ø	***	***	Ø	Ø	**	**	Ø
V NG/ V NG-S	Ø	**	***	Ø	Ø	***	***	Ø
VI NG/ VI NG-S	Ø	*	*	Ø	Ø	*	*	Ø
II NG/ II ÜG	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø
III NG/ III ÜG	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø
IV NG/ IV ÜG	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø
V NG/ V ÜG	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø
VI NG/ VI ÜG	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	*	Ø	Ø
II NG-S II ÜG	**	*	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	**
III NG-S/ III ÜG	Ø	*	**	Ø	Ø	Ø	Ø	*
IV NG-S/ IV ÜG	Ø	***	***	Ø	*	*	**	Ø
V NG-S/ V ÜG	Ø	***	***	Ø	Ø	*	**	Ø
VI NG-S/ VI ÜG	Ø	**	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø

Signifikanztabelle 7

%AMV = prozentuales Atemminutenvolumen

R = Ruhe; W = Watt; mEst = maximale Ergostase

zu vergleichende Gruppen	%AMV R	%AMV 80 W	%AMV 120 W	%AMV mEst
II NG/ IV NG	*	**	***	*
II NG/ VI NG	***	***	***	***
IV NG/ VI NG	***	***	***	∅
II NG-S/ IV NG-S	**	**	**	∅
II NG-S/ VI NG-S	**	***	***	∅
IV NG-S/ VI NG-S	∅	**	**	∅
II ÜG/ IV ÜG	∅	∅	∅	∅
II ÜG/ VI ÜG	*	***	***	∅
IV ÜG/ VI ÜG	*	***	**	∅
II NG/ II NG-S	**	*	***	*
III NG/ III NG-S	∅	*	***	*
IV NG/ IV NG-S	∅	**	***	∅
V NG/ V NG-S	∅	***	***	*
VI NG/ VI NG-S	*	*	*	∅
II NG/ II ÜG	∅	∅	∅	∅
III NG/ III ÜG	**	∅	∅	**
IV NG/ IV ÜG	**	**	∅	∅
V NG/ V ÜG	**	**	∅	∅
VI NG/ VI ÜG	∅	∅	∅	∅
II NG-S/ II ÜG	**	**	**	∅
III NG-S/ III ÜG	**	**	***	∅
IV NG-S/ IV ÜG	***	***	***	∅
V NG-S/ V ÜG	***	***	***	∅
VI NG-S/ VI ÜG	*	**	*	∅

Lebenslauf

- 1947 5.11. geboren in Geisenhausen
Vater: Heinz Gerstenberger, Betriebsleiter
Mutter: Erna Gerstenberger, geb. Senft
- 1954 September Eintritt in die Volksschule
- 1958 September Übertritt in das Hans-Carossa-Gymnasium
in Landshut
- 1967 21. Juli Reifeprüfung an o.a. Gymnasium
- 1969 April Vorphysikum an der Universität in München
- 1971 März Physikum an der Universität in München
- 1974 16.1. Ablegung der zahnärztlichen Prüfung
- 1974 1.2. Einberufung zur Bundeswehr zur Ableistung
des Wehrdienstes (15 Monate)
- 1974 14.2. Bestallung als Zahnarzt erteilt
- 1975 28.4. Ernennung zum Stabsarzt
- 1975 30.4. Entlassung aus dem Wehrdienst
- 1975 1.5. bis Assistenzzahnarzt in der Zahnstation des
1976 31.3. Schwabinger Krankenhauses in München
- 1976 seit 1.4. Assistenzzahnarzt in der freien Zahnarzt-
praxis

